

The background of the page is a light gray outline map of the Caribbean region, showing the outlines of the continents of North and South America and the surrounding islands.

Archipiélago cubano

Biogeografía histórica y complejidad

© Copyright 2007 by Jorge Fontenla

Derechos de autor © por Jorge Fontenla. Todos los derechos son reservados. Ninguna parte de este libro puede ser reproducida o transmitida en ninguna forma o por ningún medio electrónico o mecánico, incluyendo fotocopiadoras, grabadoras, o sistemas computarizados, sin el permiso por escrito del autor, excepto en el caso de breves citas incorporadas en artículos críticos o en revistas. . Para obtener información diríjase a la Editorial Cubalibri.

Primera edición, 2007-06-26

EDITORIAL CUBALIBRI
www.friendsofcomplexitytheoryincuba.org

Composición de textos por Cristina Juarrero
Diseño de la portada por Janet Díaz de Arce

Archipiélago cubano

Biogeografía histórica y complejidad

Jorge Luis Fontenla Rizo

Antonio López Admiral

Editado y Publicado por CUBALIBRI



Dentro de veinte años, estarás más decepcionado por las cosas que
dejaste de hacer que por las que hiciste.
Así que arroja los cabos. Navega lejos del puerto seguro. Atrapa
los alisios en tus velas.
Explora. Sueña. Descubre.

Mark Twain

*Dedico este libro a mi escuela primaria y secundaria, la
"Felipe Poey", Anexa a la Universidad de la Habana. Como rezaba
su himno, "Nuestra escuela es la fragua que nos forma". Y en su
entorno mágico de historia, naturaleza, excelentes profesores,
amigos de toda la vida y una biblioteca escolar de ensueño, se
forjaron los rasgos básicos de mi carácter y mi pasión por el
conocimiento.*

Jorge Luis Fontenla

Índice

PRÓLOGO	i-iv
PREFACIO	v-x
AGRADECIMIENTOS	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. La gran herencia	
Paradigmas	17
El legado de la ciencia clásica y moderna	23
Causalidad	26
Adquisición del conocimiento en la Grecia clásica: inducción y deducción silogística	39
El dominio de la simplicidad	47
Explicaciones	60
Explicaciones: recursividad contemporánea	69
CAPÍTULO 2. Reflexiones entre el orden y el caos	
Complejidades	85
Sistemas	94
Entre el orden (cristalizado) y el caos	115
No-linealidad y autoorganización	122
Emergencia	130
Atractores	138
Fractales	144
Autopoiesis, cognición y ecopoiesis	147
CAPÍTULO 3. Un balance emergente	
La objetividad y la simplicidad, el sistema sujeto-objeto, y el Tao de la física	157
Las inflexiones del sujeto	175
El sujeto parlante	186
Causalidad	194
La inflexión última del sujeto cognoscente	211

CAPÍTULO 4. La evolución orgánica en el ojo de la complejidad

El legado de Charles Darwin	227
Una perspectiva infodinámica de la evolución	237
Desarrollo y evolución	251
Entre los genes y el ambiente: el organismo-entorno	255
Selección y unidades de selección y evolución	263
La adaptación y su laberinto	275
El oscuro nicho	285
La especie	292
La especiación: un axioma tal vez no demasiado obvio	301
Complejidad, extinciones y Gaia	309
Reflexión final emergente	315

CAPÍTULO 5. Biogeografía: La dinámica de la forma y el sentido en el espacio y el tiempo

Biogeografía	321
Forma y espacios	325
Espacio biogeográfico	326
Área de distribución	329
Sobre espacios en biogeografía	332
Análisis espacial: patrones y procesos	335
Patrones	336
Procesos	338
Acerca de patrones y procesos biogeográficos	339
Entre la vicarianza y la dispersión: una visión cartesiana	350
Biogeografía cladística o de la vicarianza cladística: ¿indican los cladogramas solamente vicarianza?	360
Enfoque de relaciones-entre-áreas	365
Reduccionismo biogeográfico	372
Jerarquía y reticulación	390
Lo <i>a priori</i> y lo <i>a posteriori</i> : la omisión de lo recursivo	401
Sobre panbiogeografía, grafos biogeográficos y otras reflexiones	412
Trazos panbiogeográficos	419
Interpretaciones no vicariantes de trazos	432
Ortogénesis espacial	435
Homologías, trazos y áreas ancestrales	446
Movimiento, dispersión y catástrofes	461
Macroprocesos y macroconceptos	472

CAPÍTULO 6. Un archipiélago complejo	
Áreas de endemismo	481
Atractores biogeográficos	487
Análisis panbiogeográficos	501
Filogenias y panbiogeografía	527
Una interpretación alternativa del trazo panbiogeográfico	541
¿Ortogénesis panbiogeográfica o historias complejas?	543
Explicaciones en biogeografía: entre la simplicidad y lo hermenéutico- transdisciplinar	546
Reflexiones finales...pero no clausuradas	560
NOTAS	569
REFERENCIAS	605
APÉNDICE	633

Prólogo

*E*n el año 2009, el mundo de la biología celebrará una dualidad singular. Una parte de esta dualidad será el 200 aniversario del nacimiento de Charles Darwin y el 150 aniversario de la publicación de su libro seminal, *El Origen de las Especies*.

Durante el desarrollo de su teoría, Darwin puso gran énfasis en lo concerniente a la distribución geográfica de diferentes especies. Ya a mediados del siglo diecinueve estaba claro que especies con apariencia similar vivían muy a menudo, aunque no siempre, adyacentes las unas con las otras, en hábitats semejantes donde hacían cosas semejantes. Sobre esta base, Darwin dedujo la naturaleza fundamentalmente conservativa de la diversificación evolutiva y concibió su visión panorámica de la diversificación biológica ocurriendo a una escala global. Para Darwin, por consiguiente, los estudios biogeográficos eran de suprema importancia. Una de las pocas veces en las cuales Darwin mostró cierta intolerancia con sus colegas se manifestó en la sexta y última edición del *Origen de las Especies*, en la cual aparece la declaración siguiente:

“Al considerar la distribución geográfica de los seres orgánicos sobre la superficie del globo.. vemos...un profundo vínculo orgánico, a través del tiempo y el espacio, sobre las mismas áreas de tierra y agua, independientemente de las condiciones físicas. El naturalista que no tienda a preguntarse cual es este vínculo, *debe ser uno muy obtuso*. El vínculo es sencillamente la herencia, causa la cual, por sí sola, y tanto como sabemos positivamente hasta el momento, produce organismos muy semejantes los unos a los otros, o, como vemos en el caso de las variedades, prácticamente iguales.

Las palabras en *itálicas* aparecen sólo en la edición final del *Origen de las Especies*.

A estos intereses de Darwin se les ha prestado gran atención y los estudios biogeográficos han permanecido como un pilar de la biología evolutiva y la ecología moderna. La documentación y la explicación de los patrones de las distribuciones geográficas de diferentes especies junto con su ubicación en el *Árbol de la Vida* se ha convertido en la obsesión de la biogeografía histórica. La documentación y la explicación de los patrones de las distribuciones geográficas de diferentes especies viviendo juntas en comunidades se ha convertido en la obsesión de la biogeografía ecológica. Estos programas de investigación abarcan ambos leitmotiv fundamentales de la teoría de Darwin- cómo son producidas las especies y cómo estas coexisten.

Tales estudios han cobrado un sentido de urgencia a partir de la generación pasada. El cambio climático, las especies introducidas y las enfermedades infecciosas emergentes nos han forzado a afrontar una de los más proféticos, pero todavía irresueltos elementos de la teoría de Darwin. Influidos por el lenguaje simple del neo-darwinismo, muchas personas, desde biólogos profesionales a creacionistas, creen que el darwinismo es una teoría de poblaciones adaptándose a cambios en sus ambientes. Sin embargo, la evolución tal y como es concebida por Darwin es un fenómeno complejo, no simple. El segundo párrafo de la edición final del *Origen de las Especies* comienza de este modo,

...hay dos factores: a saber, la naturaleza de los organismos y la naturaleza de las condiciones. El primero parece ser con mucho el más importante; pues variaciones casi iguales se originan algunas veces bajo, hasta tanto como podemos juzgar, condiciones diferentes; y, por otra parte, variaciones diferentes se originan bajo condiciones las cuales aparentan ser casi uniformes.

Si la naturaleza de las condiciones es fundamental, según creía Lamarck,

nada se extinguiría jamás, siempre se adaptaría. Si, no obstante, la naturaleza de los organismos es fundamental, y es más conservativa que los entornos, como creía Darwin, entonces durante episodios de cambios rápidos y/o a gran escala en la naturaleza de las condiciones muchas especies se extinguirán, dejando un pequeño número de afortunados descendientes para construir una nueva biosfera.

La humanidad afronta ahora un futuro muy próximo en el cual nuestro crecimiento poblacional y aspiraciones económicas conllevan a la intrusión de los humanos dentro de lugares y hábitat donde ningún humano había estado antes. Los humanos también están moviendo especies alrededor del planeta, intencionalmente o accidentalmente las introducen en lugares fuera de sus áreas de origen. Estos movimientos de humanos y sus especies asociadas han traído de enfermedades infecciosas emergentes, patógenos resistentes a medicamentos, así como a la extirpación local de muchas especies nativas. Y nuestra tecnología está disparando la tasa a la cual estos cambios tienen lugar, amenazando con abrumar la naturaleza conservativa de los cambios evolutivos en la naturaleza del organismo que son la fuente de la supervivencia extendida en el tiempo de la biosfera. La realidad del cambio climático global ya no es cuestionada ni siquiera por los gobiernos más reaccionarios, pero más de una generación de desmentido ha dejado a la humanidad con poco tiempo de preparación para un futuro que será muy diferente del pasado reciente. Ahora más que nunca debemos tener información acerca de la distribución de las especies, de dónde ellas se encuentran, en dónde se encuentran sus parientes más próximos, y cómo coexisten las unas con las otras.

Este libro es el comienzo de un proceso de disposición de cantidad máxima de datos geográficos concerniendo la biodiversidad disponible, tanto a la comunidad de estudiosos como a la de decisores. En su cualidad de mayor y más biodiversa de todas las islas del Caribe, Cuba puede convertirse en un laboratorio viviente para adaptarse a la crisis que nos amenaza. Los datos suministrados aquí conforman la información basal disponible por vez primera en ese sentido.

La segunda parte de la dualidad del 2009 es que se conmemora el ciento cincuenta aniversario de la muerte de Alexander von Humboldt, santo patrón de los biólogos de campo, naturalistas y eco-turistas. Humboldt fue un héroe particular de Darwin, quién tomó una copia del libro de Humboldt sobre su exploración del Nuevo Mundo, y la llevó con él en su viaje a bordo del Beagle. Humboldt se convirtió en un héroe popular para muchos, no sólo por ser uno de los más grandes científicos del siglo XIX, sino también por su sensibilidad social; él sentía fervorosamente que la ciencia debe ser empleada para el beneficio de toda la humanidad. Estuvo entre los primeros miembros de la aristocracia europea, y presumiblemente fue el más persistente, en hablar contra el hacer esclavos de los africanos y de traerlos al Nuevo Mundo, y también contra los abusos de los pueblos indígenas del Nuevo Mundo por parte tanto de las autoridades civiles como religiosas.

Creo que Humboldt hubiera aprobado efusivamente la idea de un libro como éste, el cual combina investigación biológica por sí misma con la conservación de la biodiversidad y la salvaguarda del futuro de la humanidad.

*Daniel R. Brooks
Toronto, Canada
1 June 2007*

Prefacio

Hay cosas que no las intentamos porque parecen difíciles; pero parecendifíciles porquenolasintentamos.

Séneca

“No creo que sea un defecto hablar de muchas y diferentes cosas, incluso en aquellos tratados que se ocupan de un solo tema... pues estoy convencido de que lo que otorga grandeza, nobleza y excelencia a nuestras acciones y descubrimientos no depende de lo que es necesario --aunque su ausencia sería un gran error-- sino de lo que no lo es”.

Galileo Galilei

En medio de todo el reciente interés en la complejidad, muchas cosas indican que el futuro de la ciencia pertenece más a la biología, el estudio de los sistemas complejos, que a la física

Margulis y Sagan

*Adhuc sub iudice list est**

*T*oda verdad es simple. ¿No es esto una mentira al cuadrado?, ironizó el filósofo Friedrich Nietzsche. Pero lo cierto es que vivimos dentro de una matriz de simplicidad y simplificación en un mundo extraordinariamente complejo. La práctica obstinada de pensar y proyectarnos hacia lo simplificado, más que ironía, se nos antoja un sarcasmo ominoso...y un hábito, por sus posibles consecuencias, no exento de peligros. Por suerte, también habitamos una época de cuestionamientos pertinaces, cambios mutantes y desmoronamientos de paradigmas. Cual ameba subrepticia, la llamada “complejidad” se filtra y embebe en las diferentes esferas del saber y está llegando a ser parte consustancial de los cambios llamados a percibir lo mendaz en la simplificación de lo social y lo natural.

* *La mesa está puesta ante el juez.*

La complejidad aborrece los límites y demarcaciones, mientras ama lo articulado y lo dialógico. Si *Gaia* es la representación mítica y femenina de la Diosa Tierra, de lo fértil y lo armonioso, la complejidad pudiera representarse con otro mito femenino, *Aracne*, la joven castigada por la soberbia Atenea, al atreverse a tejer con más destreza, pasión y maestría que la propia inmortal. De igual modo, Aracne simboliza la importancia y la capacidad de lo pequeño y lo local, de lo contextual. Así, la vocación, el *pathos* de la complejidad, es el entrecruzar y el tejer redes y nodos. Lo *complexus* significa también comunión, abrazo, recursividad, combate, comprensión intelectual. Y, en adición, amor y afición. De manera que la complejidad es una metáfora para la comprensión e interpretación en redes y en recursividad, pero además de crear y construir con la pasión y el amor por las nobles contiendas, tal y cual simboliza Aracne frente a la poderosa Diosa.

Respecto a la cosmovisión o perspectiva de la complejidad observamos diferentes actitudes, desde la ignorancia, la indiferencia o la confusión, hasta el rechazo y el entusiasmo hiperbólico o, incluso, temor y desasosiego. El gran universo de la ciencia clásica está integrado por una diversa constelación de disciplinas científicas específicas que estudian fenomenologías particulares. Cada disciplina explora un conjunto de fenómenos y objetos. Por necesidad epistemológica, fenómenos y objetos se conciben como entidades individuales y aisladas, desconectados de manera ideal de otras fenomenologías. Estos saberes conforman por sí mismos una cosmovisión, una cultura, donde, por consecuencia, el mundo de lo natural y lo social nos aparece como un conjunto de sistemas aislados, desarrollándose y evolucionando cada uno por su cuenta. Así, se ha generado una transmutación de lo ideal a lo material. Se ha construido y propagado la creencia de que el *Ser* del mundo es un reflejo de las construcciones epistemológicas que los humanos hacemos respecto al *Conocer* de ese mundo. En fin, se atribuye un carácter *ontológico* a las idealizaciones *epistemológicas* construidas a partir de observar la *ontología* real del mundo

La “complejidad” propugna varios principios o perspectivas muy generales de aprehender la realidad: relaciones en redes, visión sistémica y holística, recursividad y dialógica. Este saber parte del presupuesto que no existen objetos ni fenomenologías aisladas. Cada objeto o fenómeno es un sistema en sí mismo, embebido en una matriz interconectada de otros sistemas y fenómenos, recibiendo y emitiendo flujos de materia, energía e información. Los límites de los sistemas-objetos tienden a difuminarse; más que de límites, es más correcto hablar de interfases entre los diferentes sistemas-objetos y fenómenos. Para algunos, no existe algo demasiado inédito en estas perspectivas. Por ejemplo, Miranda (2004) confiesa: “No es la complejidad algo tan nuevo y me *consuela* descubrir nexos entre los viejos enfoques y los nuevos”. Por supuesto que existen. ¿Acaso en todas las épocas no han existido pensadores abogando por una percepción de la realidad cómo un sistema de relaciones en redes, sujetas a ciclos recursivos, o por una valoración de la relevancia de lo contextual? Al menos en nuestra cultura occidental pensadores así se conocen desde la Grecia presocrática y a través del devenir de la historia prácticamente en cualquier sociedad y nación.

La complejidad rescata esa vocación prístina del ser humano. Y decimos rescata porque creemos que es una propiedad innata, arracional, de nuestro ser y de nuestras sensaciones el percibir la realidad como una madeja, donde orden y desorden, determinismo y azar, así como lo regular y lo inesperado son consustanciales y no excluyentes. Pero no es menos cierto que la cultura y la ciencia han impuesto determinados modelos de aprehensión del mundo. Transitar a través de otras alternativas es palpitar en la herejía. Aquellos son los modelos de la *clasicidad* o *simplicidad*, donde se impone la férula de la reducción, lo determinista y lo universal, lo funcionalista y lo dicotómico. Ese es el metaparadigma imperante. Es una interpretación del mundo no emanada de su configuración natural, sino una construcción socio-cultural con profundas, enrevesadas y tenaces raíces en la historia. Cómo ya resulta axiomático decir, *no existe lo simple, sino sólo lo simplificado*. De lo que se trata es de construir e insuflar aliento a un metamodelo de

razonamiento y acción que reconozca al mundo en su unidad diversa y compleja. La complejidad no rechaza la herencia clásica y moderna, sino la articula y la transgrede.

En Enero del 2004, organizado por la Cátedra de la Complejidad del Instituto de Filosofía, se celebró en la Habana el Segundo Seminario Internacional de Sistemas Complejos. En la conferencia de apertura, la belga Isabel Stengers propuso el planteo de una ciencia cuya elección ética debe asumir la responsabilidad de hacerse preguntas pertinentes, en lugar de complacerse con su *poder* de explicar los fenómenos de la naturaleza. Debe ser una ciencia capaz de vivir la aventura del conocimiento, haciendo suyo el juramento que Dios le hizo a Noé de no anegar de nuevo al mundo, para respetar así su diversidad y liberarlo de la monotonía acuosa del piélago. Y como prueba de su buena voluntad creó el arco iris. Posteriormente, Stenger (2004) expresó, “el problema no es ya más la deducción, sino el preguntarse qué y cómo es lo relevante...y la pregunta debe ser realizada en cada momento, con cada nueva situación. De este modo, la verdadera simplicidad científica jamás es reductiva; es siempre una simplicidad relevante la cual constituye un logro creativo.... La verdadera grandeza de la ciencia no es el *poder*, sino la pesquisa exigente por relevancia”.

La superficie de nuestro mundo, junto a su atmósfera y parte de sus entrañas conforman una intrincada madeja co-determinada Tierra-vida. Pero la socio-cultura humana deshebra esta magnífica red de redes, irrumpe en su complejidad, y así la torna más lineal y por lo tanto la desestabiliza y distorsiona su capacidad intrínseca de autogeneración y autorregulación. La detección, protección y comprensión de los nodos de esta red, o puntos calientes de biodiversidad, donde Gaia se regodea y se hace más creativa, es una tarea que urge. Esta es una tarea, como propone Halffter, donde la biogeografía podría ayudar, porque es, ante todo, una tarea de localización espacial. El panorama actual de la biogeografía es uno de pugnas entre enfoques que tratan de excluirse mutuamente entre sí. Cada enfoque defiende un método y, junto con él, una manera particular -y pudiéramos añadir, mutilada y mutilante- de interpretar lo observado.

Se vive bajo lo que la socióloga argentina Denise Najmanovich (2002) denomina “el hechizo del método”. Como resultado de la utilización de métodos y enfoques “hechizados” por sí mismos, se establecen caldeadas polémicas y críticas entre las diferentes alternativas, donde la prosa se torna furente y aun dadivosa en denuestos. En todo esto que se trasluce, subyace la herencia del pensar en términos de dominio y de simplicidad, no en la simplicidad relevante propugnada por Stenger, sino en aquella reduccionista, pretendiente de dominio, mutilante y sembradora de intolerancias. No es casual que Lewontin (2000) haya expresado “..y por eso la biología es interesante...La diferencia en la enfermedad es que un organismo es dominado por una fuerza, en lugar de ser el nexo de un gran número de fuerzas débilmente determinadas. De ahí la relevancia de la complejidad”.

Durante el año 2005 se completó una espléndida trilogía sobre biogeografía en Latinoamérica, editada por Jorge Llorente y Juan José Morrone (2001, 2003, 2005) de la Universidad Nacional Autónoma de México. Esta obra es un verdadero crisol, donde se abarca prácticamente toda la gama de métodos y criterios posibles a encontrar en la biogeografía contemporánea. Todo ello refleja la amplia diversidad de enfoques y posiciones coexistentes en esta disciplina. Desde la perspectiva que nos ofrece este brioso compendio, podemos afirmar que la biogeografía es un componente hologramático de la situación en el ámbito más global de la ciencia toda. En el universo de la biogeografía exhalan, se reproducen y pulsan con burbujeante vida propia todos los elementos que existen también con su hálito peculiar en cualquier otra disciplina inquieta en lo epistemológico y vivaz en su quehacer. En exergos e introitos a lo largo de los tres volúmenes se aprecian alusiones al pensamiento complejo. Se insinúan espacios, límites y dinámicas cambiantes y fluidas, identidades que excluyen a la vez que incluyen, y se acusa la futilidad de actitudes impositivas respecto a la realidad y el pensamiento.

La obra que mencionamos nos ha servido de acucioso estímulo; al igual que la sinergia propiciada por la variopinta Cátedra de la Complejidad de la Habana. La biogeografía estudia sistemas dinámicos complejos; pero, como cualquier otra rama del saber contemporáneo, se encuentra embebida en la gran herencia del

pensamiento moderno, de la *via magna* de la simplicidad. En el contexto biogeográfico planetario, el Caribe insular es una de las tres ecorregiones terrestres de mayor prioridad (Mittermeier *et al.* 1999), debido a la relación que existe entre lo reducido de sus áreas aún forestadas y la enorme concentración de diversidad biológica, una gran proporción de la misma exclusiva. El archipiélago cubano es un nodo, más que una hebra, de la gran red de la vida del planeta. Nos asalta a la mente que la enorme diversidad del archipiélago cubano, evolucionada en un territorio tan pequeño, nos indica la autoorganización y el devenir de un sistema de gran complejidad.

Pretendemos, en las reflexiones que siguen, mostrar de alguna manera la influencia de la *sancta simplicitas* en el pensamiento biogeográfico contemporáneo, y a la vez articular alternativas desde la perspectiva de la complejidad. De manera consecuente, exploraremos, desde este ángulo, algunos patrones generales de la distribución de la biota en el proteico contexto espacial del archipiélago cubano. ¿Se manifiestan relaciones evidentes entre los patrones de distribución de los endémicos y algunas peculiaridades de la historia geológica del territorio insular? ¿Existen nodos biogeográficos? De ser así, evidenciaríamos la estructuración de un patrón de orden. Esta configuración sugiere autoorganización. Por otra parte, las configuraciones autoorganizadas se sustentan debido a la acción de atractores. ¿Podríamos establecer atractores y cuencas biogeográficas?

Pensamos que la determinación de tales patrones reviste la mayor importancia para la ubicación de verdaderos espacios álgidos de la biodiversidad y la evolución de nuestro archipiélago, preservadores de su presente y garantes de su futuro. Estos son los elementos que le proporcionan la *identidad*, dinámica e histórica, al sistema insular cubano. En conclusión, quisiéramos que el mensaje cardinal en este discurso fuera la sugerencia del filósofo Gilles Deleuze: *No hay método, no hay receta, sólo una larga preparación.*

Agradecimientos

En primerísimo lugar, nuestro más profundo y sincero reconocimiento a Alicia Juarrero. Ella ha sido la inspiradora constante y entusiasta de la concepción y ejecución de esta obra y de la esperanza de verla publicada. A Cristina Juarrero (Cristi) por la edición del libro y por continuar nuestra amistad, al margen de la distancia. A Janet Díaz de Arce por el diseño de la carátula, y su conjunción acertada de complejidad y biogeografía. A nuestra Institución, el Museo Nacional de Historia Natural de Cuba, por estimular y propiciar sin reservas la búsqueda de nuevos horizontes cognitivos. No podemos dejar de mencionar a la Cátedra de la Complejidad de la Habana, por su valioso servicio de información y coadyuvar al ambiente adecuado y sinérgico para reflexionar en “forma compleja”

Introducción

El árbol que a algunos mueve a lágrimas de felicidad, en la mirada de otros no es más que un objeto verde que se interpone en el camino. Algunas personas ven la Naturaleza como algo ridículo y deforme, pero para ellos no dirijo mi discurso; y aún algunos pocos no ven en la naturaleza nada en especial. Pero para los ojos de la persona de imaginación, la Naturaleza es imaginación misma. Así como un hombre es, ve. Así como el ojo es formado, así es como sus potencias quedan establecidas.

William Blake

Cambiando lo que él conoce del mundo, el hombre cambia el mundo que conoce. Y cambiando al mundo en que vive, el hombre se cambia a sí mismo

Theodosius Dobzhansky

El único conocimiento que vale es aquel que se nutre de incertidumbre, y el único conocimiento que vive es aquel que se mantiene a la temperatura de su propia destrucción.

Edgar Morin

Qui auris audiendi, audiat^{*}

Crisi (2001) sentenció, “La definición de la biogeografía puede ser sencilla el estudio de la distribución geográfica de los organismos- pero esta simplicidad esconde la gran complejidad del tópico. La biogeografía trasciende el clásico tópico de las áreas, involucra una gama de disciplinas científicas que incluyen la geografía, geología y biología. Nadie que estudie biogeografía puede evitar el quedar impresionado, o perplejo, por la diversidad de enfoques del tema”. Apoyamos con vehemencia este razonamiento de un reconocido biogeógrafo de nuestra actualidad,

^{*} *Quien quiera escuchar, que escuche.*

Crisci (2001) sentenció, “La definición de la biogeografía puede ser sencilla el estudio de la distribución geográfica de los organismos- pero esta simplicidad esconde la gran complejidad del tópico. La biogeografía trasciende el clásico tópico de las áreas, involucra una gama de disciplinas científicas que incluyen la geografía, geología y biología. Nadie que estudie biogeografía puede evitar el quedar impresionado, o perplejo, por la diversidad de enfoques del tema”. Apoyamos con vehemencia este razonamiento de un reconocido biogeógrafo de nuestra actualidad, pues constituye una sugerencia vívida y admonitoria acerca de los enfoques simplistas en la interpretación de los patrones espaciales. Es una realidad que las explicaciones de la evolución espacial de las biotas, en especial las insulares, están lastradas en buena medida por la aceptación acrítica de modelos específicos y cambiantes de áreas o por concepciones reduccionistas de causalidad lineal.

La biogeografía reflexiona sobre un problema crucial: la dinámica espacio-temporal de la diversidad biológica y sobre el propio origen de esa diversidad y de la causalidad de esa dinámica. Halffter (2000) reconoce que la dinámica de la biodiversidad es caótica. Esta impresión la corroboramos cuando observamos que algunos grupos se diversifican desmesuradamente, mientras otros se extinguen o bien perduran con una diversidad paupérrima. De igual modo, percibimos la existencia de linajes que producen gigantes por un lado, a la vez que generan formas diminutas por otros. Sin embargo, la mayoría de los linajes se mantiene fluctuando alrededor de promedios de talla y masa. Los sistemas caóticos, además de ser muy sensibles a fluctuaciones pequeñas, las cuales pueden iniciar acontecimientos impredecibles, son histórico-dependientes y contexto-dependientes.

Los sistemas complejos se conducen a sí mismos al “borde del caos”. Esta es una zona de elevada sensibilidad y máxima conectividad entre los componentes, donde los sistemas oscilan en una metaestabilidad dinámica, alejada del equilibrio termodinámico, y donde existe la posibilidad de colapsar hacia la anarquía, la disolución y la extinción, o la de culminar en el anquilosamiento yermo de un orden excesivo. Pero donde también es factible la bifurcación hacia otros estados de

organización compleja y creativa. Los sistemas muy ordenados tienden al equilibrio, al congelamiento dinámico, y a volverse a sí mismos obsoletos con relación a las cambiantes y activas redes de contextos ambientales. Ello es una de las premisas de la vulnerabilidad a la extinción de las especies y de las comunidades locales.

Darwin nos legó la idea de la conectividad de la vida a través del tiempo, de su dinámica en el espacio y el tiempo, pero a la vez concibió de manera un tanto estática ese espacio. Por su parte, Vernadski consideró que la vida es una fuerza geológica extraordinaria, modificadora y co-constructora de su propio espacio. Los procesos y los eventos intrínsecos del planeta y de la vida se entrecruzan y modulan los unos a los otros. Por lo tanto, el espacio que ocupan los organismos en el planeta es una emergencia, una consecuencia de la conjunción de las dinámicas de la vida y de la tierra, de su determinismo y de su aleatoriedad. En fin, es una consecuencia de su *historia*.

Las Antillas se consideran uno de los “puntos calientes” de la biodiversidad planetaria (Halffter *et al.*, 2001). Por ejemplo, Cuba ostenta el doble de los endémicos vegetales (3000) que se necesitan para ser considerada como un “punto caliente” de la biodiversidad, de acuerdo con las cifras establecidas por Mittermeier *et al.* (1999). La actual isla de Madagascar ha tenido una historia paleogeográfica muy ligada a la gran masa continental de África (Avice, 2000), al igual que las Filipinas con relación al sudeste de Asia (Evans *et al.*, 2003), desde tiempos superiores a 50 ma, cuando aún las Antillas no existían como tierras emergidas permanentes. Estas áreas insulares, junto con las Antillas, constituyen eco-regiones notables del planeta. El archipiélago cubano nunca ha tenido una relación física muy estrecha con las masas continentales circundantes, o de haber existido de alguna manera, ésta fue muy efímera (Iturralde-Vinent y MacPhee, 1999). De este modo, tenemos una conjunción de aislamiento, relativa juventud paleogeográfica, y una tremenda concentración de endemismo en un territorio relativamente pequeño. Así, resulta imposible no percibir que el archipiélago cubano, dentro de su contexto antillano, constituye un “punto caliente” de los más extraordinarios de todo el

planeta.

Pero el resultado de la evolución en el espacio y en el tiempo de la biota de las Antillas y la de Cuba en particular no es sólo una cuestión de concentración, diversificación y exclusividad de diversidad biológica. Ante todo, nos muestra igualmente un fascinante y “caótico” calidoscopio de extremos de talla, de tendencias, de colorido, de especialización ecológica, de contrastes biogeográficos. Por ejemplo, la evolución produjo en este archipiélago rapaces gigantes nocturnas y diurnas. Tales son los casos de los búhos *Ornimegalonix* †, 1 m de alzada y las lechuzas sobredimensionadas *Tyto noeli* † y *T. riveroi* †. Por los cielos de Cuba surcaron fantásticos gavilanes de 3 m de envergadura, como *Gigantothierax suarezi* † y el no muy disímil en talla *Titanothierax borraisi* †. Toda esta pléyade de colosos alados ya extintos contrastan con sus diminutas antípodas vivientes, también registros extremos, como el zunzuncito o pájaro mosca, *Mellisuga helenae* y el llamado murciélago mariposa, *Natales lepidus*. Otro grupo de titanes relativos lo constituye las jutías, con los representantes extintos *Macrocapromys* † y *Capromys robustus* †, y las propias especies actuales, que son roedores de gran talla. No es posible dejar de mencionar al linaje de los almiquies (*Solenodon*), musarañas desmesuradas con una especie extinta y otra pugnando aún por su existencia en un espacio geográfico relictio.

Por otro lado, el prolífico linaje de ranitas *Eleutherodactylus*, exhibe especies, como *E. limbatus* y *E. iberia*, que militan entre los vertebrados más diminutos del orbe. Al extremo de este diapasón, *E. symingtoni* y *E. zeus* son verdaderos gigantes dentro del género. Estas ranitas se han diversificado y especializado a vivir en los suelos, ríos, árboles, epífitas, farallones y cavernas. Una gama equivalente en tallas y hábitat se observa entre los lagartos anolinos. Las seis especies de *Polymita* exhiben conchas cuya variabilidad en soberbios patrones de bandas, filigranas y coloración no tienen parangón dentro del hiperdiverso grupo de caracoles terrestres en todo el mundo. De igual manera, las menos conocidas hormigas “*Macromischa*” del género *Temnothorax*, muestran formas inusuales y coloraciones inéditas dentro del también

vasto y abundante universo de estos casi omnipresentes insectos.

Al mismo tiempo, es evidente un conspicuo “sesgo” taxonómico generalizado, dado en la ausencia o escasez extrema de grupos muy diversos o típicos de las áreas continentales circundantes. Tales son los casos de ungulados, carnívoros, primates, vistosas mariposas de diferentes linajes, ciertos grupos de hormigas arborícolas, hormigas legionarias y cortadoras de hojas, y plantas con flores y frutos grandes. De manera contrastante, resulta emblemática la muy elevada riqueza en especies y endemismo en la flora y en algunos grupos zoológicos, como lagartos, anfibios y numerosos linajes de invertebrados. No es exagerado afirmar que, por unidad de área, Cuba constituye el espacio evolutivo más activo de todo el planeta para algunos de estos grupos. Y ese es, ciertamente, el caso de las hormigas *Temnothorax* y las palmas del género *Copernicia*.

Los resultados de la evolución para el caso del archipiélago cubano, no palidecen ni siquiera frente al de las míticas islas Galápagos o las fabulosas Hawaii. Lo afirmamos no por la espectacularidad histórica desde la perspectiva humana, por supuesto- que sin duda ostentan de manera legítima las islas del Pacífico, sino por la más prolífica y variada contribución a la biodiversidad planetaria y al potencial para el conocimiento de sus muchos misterios, prácticamente desconocidos. Aquí hacemos un paréntesis. Reconocemos lo “misterioso” en la naturaleza, no en el sentido de una necesidad psicológica, según opina Heads (2005a), sino como una verdad o historia aún no revelada y en el sentido del acicate y pasión consustancial a toda indagación científica o intelectual en su manifestación más universal. Todos los fenómenos mencionados son necesarios visualizarlos dinámicamente, en conjunción matricial con una historia geológica y climática local que se ha caracterizado por uniones y fragmentaciones de áreas, fluctuaciones verticales y horizontales del terreno, transgresiones y regresiones marinas, y también por sufrir la influencia de los grandes ciclos climáticos que se desarrollaron durante el Terciario y el Cuaternario. La biota de las Antillas, y la de Cuba en particular, no son modelo para caracterizaciones simplistas o globalizantes, según aflora en ocasiones

en las interpretaciones biogeográficas.

La controvertida biota de las Antillas impactó desde temprano a naturalistas como Wallace (1876), quien consignó: “no existe probablemente ninguna área terrestre sobre el globo, tan soberbiamente favorecida por la naturaleza en todo lo esencial para sostener vida animal, y al mismo tiempo tan pobre en todos los grupos de animales más altamente organizados”. Es obvio que Wallace se refería a los mamíferos que, desde el punto de vista de órdenes o familias, se encuentran representados de manera relativamente paupérrima en el archipiélago. Sin embargo, el gran naturalista no pudo conocer que lo que hace tremendamente atractiva e importante a la biota antillana es el elevado endemismo de casi todos los grupos que en ella se encuentran y la impresionante diversificación que los mismos han desarrollado. Los estudios taxonómicos, desde finales del siglo XIX hasta la fecha, así lo atestiguan. Por ejemplo, el endemismo específico de los vertebrados antillanos alcanza el 74%, mientras que en grupos particulares como los reptiles es de 93%, en peces de 96% y en anfibios, 99% (Hedges, 2001). Las Antillas constituyen un complejo laboratorio natural donde hay mucho que indagar y aprender sobre los procesos de poblamiento, especiación, extinción y adecuación en un contexto espacial extremadamente dinámico, que ha sido expuesto a geografías y climas cambiantes.

Los debates acerca de la biogeografía de las Antillas se han centrado en cómo el archipiélago ha adquirido su biota y cómo han ocurrido los procesos de especiación. En una síntesis muy apretada, es posible citar a Allen (1911) y Barbour (1914), quienes propugnaron puentes terrestres entre islas y entre éstas y las masas continentales. Matthew (1918), Simpson (1956) y Darlington (1957) defendieron a la dispersión desde el continente y sobre el agua como el mecanismo básico. Los postulados de la teoría de la biogeografía insular de MacArthur y Wilson (1967) también resultaron congruentes con los principios de la dispersión. Los estudios y descubrimientos sobre la dinámica geológica del área han repercutido en los enfoques biogeográficos. Rosen (1975, 1985) y Savage (1982) propusieron diversos

modelos vicariantes para explicar el poblamiento de las islas. Iturralde-Vinent y MacPhee (1999) elaboraron un modelo biogeográfico donde se combinan tanto procesos vicariantes entre islas como extensiones terrestres, estas últimas entre el norte de Sudamérica y las Antillas durante un período de tres millones de años alrededor del límite Eoceno/Oligoceno.

Los principales compendios sobre biogeografía de las Antillas han reflejado estos puntos de vista y todos sugieren que las Antillas continúan siendo un fértil campo para las controversias sobre evolución y biogeografía. Liebherr (1988) editó un volumen sobre la zoogeografía de los insectos antillanos. El enfoque predominante, aunque no exclusivo, en esta compilación fue el de la dispersión. En el compendio de Woods (1989), se observa un énfasis en hacer congruentes datos biológicos y filogenéticos con la historia geológica del área. En la edición más reciente sobre la biogeografía de las Antillas (Woods y Sergile, 2001) se toma el modelo de Iturralde-Vinent y MacPhee (1999) como referencia primaria para intentar explicar origen, relaciones filogenéticas y distribución de algunos grupos. Sin embargo, autores como Hedges (2001) adoptan posturas más eclécticas para interpretar el asumido arribo y la evolución de la biota en lo que es hoy el archipiélago antillano.

Los análisis de Dávalos (2004) y Roca *et al.* (2004) sobre filogenias y distribución de mamíferos del área antillana sugieren que las interpretaciones deben alejarse de cualquier tipo de maniqueísmo interpretativo. Para Dávalos, “Explicar la singularidad y diversidad de la fauna de las islas del Caribe ha sido el objetivo de los biólogos durante más de 200 años. A pesar de ello, el origen y patrones diversidad de la biota caribeña se encuentra lejos de estar clara para la mayoría de los grupos”. De hecho, existen discrepancias entre la congruencia de ciertas hipótesis sobre la evolución paleogeográfica del área y la distribución, relaciones filogenéticas y posible antigüedad de ciertos grupos de organismos. En el abordaje de la interpretación de estas discrepancias se revela la cosmovisión de los indagadores. Por lo general, y coherentemente con el contexto más global de la biogeografía, las

explicaciones reflejan posiciones de predominio o reduccionistas. Aún se piensa en “la búsqueda de un método general para la reconstrucción biogeográfica” (Warren y Crother, 2001). Lo que nos trae a la mente la fascinación del “hechizo del método”, sobre el cual nos advierte Najmanovjch (2002). Al respecto, Heads (2005a) no duda en consignar: “la biogeografía contemporánea es emprendida principalmente por autores que parecen temerosos de pensar (o al menos escribir) fuera de la ortodoxia estricta”.

Aún en nuestra contemporaneidad las explicaciones se basan en los principios de la causalidad (lineal) y el determinismo (Juarrero, 1999). La causalidad es externa a los sistemas de referencia y los organismos son entidades pasivas; su evolución es forzada por la acción de agentes causales externos. Es decir, el ambiente es externo a los organismos, que deben adaptarse a sus presiones selectivas. La selección natural es la fuerza, resultante de esas presiones externas, directriz de la evolución de los organismos. Estas fuerzas seleccionan las variantes fenotípicas más adecuadas, que a su vez son producidas por el genotipo. De manera explícita, se ha llegado a afirmar que los organismos no son más que “robots”, cuya función es la de asegurar la trasmisión y supervivencia de los verdaderos artífices de la evolución, los genes (Dawkins, 1982, 1989, 1996a,b, 1998). El neodarwinismo ortodoxo está estructurado sobre la base de la herencia de la mecánica de Newton, el dualismo existencialista de Descartes y las leyes de la termodinámica clásica, concebidas para sistemas cerrados y en equilibrio termodinámico. Incluso, se destilan -como denuncia Heads (2005a)- a través de los discursos evolutivos y biogeográficos, ideas sobre diseño, mecanicismo, propósito y teleologismo. Ideas y discursos que, por lo general, asumimos vinculadas a un pasado histórico más ingenuo, menos informado y con menos posibilidades de realizar análisis más desprejuiciados, articulados e integrativos.

Las explicaciones en biogeografía histórica se debaten entre un marco

* Se refiere a que Darwin y Wallace solían explicar las distribuciones sobre la base de la dispersión a partir de centros de origen, considerando al planeta como poseedor de una geografía estática.

narrativo y el esquema hipotético-deductivo refutacionista. El primero se asocia con la aceptación de la dispersión como evento explicativo de patrones y el segundo con la vicarianza. Las narrativas han sido criticadas por su carácter subjetivo y en ocasiones poco congruente. Nelson (1978) fue lapidario al respecto: “las ideas de Darwin y Wallace hicieron de la biogeografía la ciencia de lo raro, lo misterioso, lo milagroso y lo imposible”. *Llorente (2000) expresó que la mejor aproximación para el conocimiento de la historia espacial de la vida es la congruencia entre áreas, vía hipótesis cladista o panbiogeográfica, mientras la elaboración de narrativas sobre el origen y dispersión de grupos particulares se está desvaneciendo. Sin embargo, Heads (2005a, b) trasluce una percepción contraria.

Por su parte, Grehan (2003) la emprendió contra las explicaciones narrativas que aparecen en la compilación sobre biogeografía de las Antillas, editada por Wood y Sergile (2001). Ello contrasta con las consideraciones de Wilkinson (2001), acerca de que la dispersión es uno de los procesos fundamentales de la biogeografía y además, crucial para entender la distribución de los organismos. Por su parte, Heads (2005a, b) prácticamente sólo admite la vicarianza y el método panbiogeográfico para la construcción de explicaciones espacio/temporales. La trilogía compilada por Llorente y Morrone (2001, 2003, 2005) nos muestra un verdadero mosaico de opiniones, ideas y métodos.

El filósofo Karl Popper preconizó que la demarcación entre lo que distingue a la ciencia de la no ciencia es la capacidad de la primera de elaborar hipótesis de carácter predictivo, las cuales sean factibles de ser refutadas. Una hipótesis debe estar estructurada de manera tal, que no se cierre a la posibilidad de que nuevas evidencias la refuten. Si no es refutada, se incrementa su poder predictivo y explicativo. El modelo se basa en la deducción como sistema de explicación heurístico. La deducción consiste en un sistema de juicios *a priori*, que contiene implícito o explícito el accionar de leyes universales, de las cuales se infieren un efecto hacia el caso de estudio en particular. Este es el enfoque defendido en la biogeografía histórica en la actualidad, cuya hipótesis nula es el principio, asumido

como universal, de la vicarianza. Ello estipula que, ante un aislamiento espacial de las poblaciones, se predice que ocurra especiación. Llorente *et al.* (2002) exhortaron, tanto a biólogos como a geólogos, a descartar hipótesis que no sean congruentes con los postulados de la vicarianza.

Sin embargo, no parece evidente que la vicarianza por sí sola pueda explicar la tremenda acumulación de especies exclusivas de áreas relativamente pequeñas, es decir, de los famosos “puntos calientes” de la biodiversidad, verdaderos nodos de la evolución. Para ello habría que invocar a la especiación simpátrida, siempre tratada con cautela por evolucionistas y biogeógrafos. No es factible explicar, por deducción y predicción, la existencia de estos nodos de la biodiversidad, pilares de la vida en el planeta. Sólo es posible identificarlos, tratar de comprender su historia y viabilizar su futuro. Ellos son el resultado de una *historia* particular en cada caso, donde, sin dudas, operan fuerzas y causas universales, pero cuyo resultado es sólo susceptible de *explicación o comprensión* en cada contexto local. Resultan atractivas alternativas menos ortodoxas, como la especiación por coevolución y por simbiogénesis (Margulis y Sagan, 2002; Ryan, 2002), que emergen con independencia de algún aislamiento geográfico. En el criterio de Halffter (2000), la naturaleza no-lineal de la biodiversidad suscita el desistir en la búsqueda de una solución única más eficiente y adecuada, para admitir así una gama de posibilidades.

Por su parte, Kauffman (1993) resumió que el siglo XVIII, bajo el influjo de la revolución Newtoniana, desarrolló ciencias de la simplicidad organizada; el siglo XIX, vía la mecánica estadística, se centró en la complejidad desorganizada; mientras que la ciencia de finales del siglo XX y durante el XXI, deberá confrontar la complejidad organizada; pero en ninguna otra ciencia como en la biología -afirma-se hace notar tanto la ausencia de herramientas conceptuales para esta confrontación. Ciertamente, la biología está urgida de tales implementos del intelecto, pues la gran diversidad de fenómenos que estudian los biólogos necesita de una diversidad correspondiente de enfoques epistemológicos en la comprensión de la naturaleza (Keller, 2003). Y en una consideración sobre los virajes del pensamiento contemporáneo, Najmanovich (2002) estatuye que hemos vivido bajo

el “*hechizo del método*, del que recién comenzamos a despertar. Comenzamos a navegar por los mares procelosos de la incertidumbre y la creatividad, y pagamos el impuesto al nuevo Caronte: la renuncia a la ilusión de un saber garantizado y absoluto...La renuncia a la idea de un único método no es desistir de los senderos ya probados...No es despeñarse por lo anárquico, sino abrirse a la multiplicidad de significados”. La tarea subraya- requiere la aceptación de la incompletitud radical de todo conocer.

Los organismos no son entidades a total merced del ambiente, ni dependientes de un fatalismo genético. Por el contrario, son sistemas autoorganizados (Kauffman, 1993, 1996; Capra, 1996, 2002) y auto-eco-organizados (Morin, 1984; Lavanderos y Malpartidas, 2002). Su estructura y su dinámica son intrínsecas. A los organismos no les queda otro remedio que guiar su propia evolución, como una consecuencia inevitable de su condición de sistemas abiertos disipativos y autoorganizados, representando sistemas no-lineales y alejados del equilibrio termodinámico. Los organismos son selectores y constructores de sus propios ambientes, según enfatizan Levins y Lewontin (1985). Goodwin (1998) puntualiza que los organismos son sistemas *autocausales* y por lo tanto son los causantes de su propia causalidad. Estos puntos de vista les otorgan a los organismos, como entidades participativas y co-definidoras junto con regularidades y azares del ambiente, la capacidad de conducir su propia evolución.

La selección natural no sólo se concibe como una fuerza que ejerce ajustes finos sobre la autoorganización de los organismos (Kauffman, 1993, 1996, 2000), sino que es una consecuencia, no una causa, de las interacciones entre organismos (Van de Vijver *et al.*, 1998). La Selección Natural sería una propiedad emergente de la red de interacciones locales organismo-entorno. A tono con estas interpretaciones, el legendario evolucionista Gould (2002) consignó: “Por lo tanto, los organismos deben ser explicados como organismos, y no como una sumatoria de genes... El fallo del reduccionismo no marca el fallo de la ciencia, sino solamente el reemplazo de un conjunto de asunciones inoperantes en última instancia por estilos

de explicación más apropiados que estudien la *complejidad* a su propio nivel y respete la influencia de historias únicas”.

Desde la perspectiva anterior, el dualismo organismo-ambiente no tiene sentido. Ello también obliga a reconsiderar concepciones como la del “nicho”, al igual que la causalidad de la especiación. Las variaciones del ambiente modifican las relaciones espaciales de los organismos y su intercambio de información genética o semiótica; no son vistas exclusivamente como agencias de causalidad eficiente que generan procesos de especiación “desde afuera”. El mismo proyecto del genoma humano mostró que el genotipo es una red de redes descentralizada, no una cadena lineal de relaciones causa-efecto determinista y predeterminada. La metáfora de la vida como una red de redes distribuida y descentralizada de interacciones (Capra, 1996, 2002) y de la evolución como una resultante de sí misma (Van de Vijver *et al.*, 1998), asesta también un golpe contundente a la dependencia causal lineal y unilateral de la vida respecto a la geología o a un ambiente externo global.

Como reconoce Halffter (2000, 2003), la diversidad biológica no es una causa-consecuencia de las distintas posibilidades de organización de los seres vivos. Es, ante todo, *historia*. Es un proceso ocurrido en el tiempo y que mantiene hasta nuestros días muchas de sus expresiones. Como toda historia, tiene muchísimo de repetición, de despilfarro, de impreciso, de caótico. Halffter insiste en considerar esencial esta última idea. La evolución en su conjunto es un proceso caótico. No existe un plan general para la vida, ni los cambios morfológicos-funcionales tienen como propósito llegar a arquetipos, ni la biodiversidad evoluciona hacia una mayor riqueza y equilibrio funcional que derive en comunidades más complejas y estables. Ello no impide que la naturaleza sea ontológicamente autorregulable en un equilibrio dinámico, o que en la evolución no se observen regularidades y notables tendencias y convergencias. De ello justamente trata la biogeografía, de identificar regularidades en la distribución espacial, y su posible historia y significado. Y el orden, la autoorganización, también emerge en determinados sistemas caóticos, lo cual resulta un aspecto prácticamente inexplorado en las indagaciones biogeográficas.

Algunos de los debates más vehementes en la biogeografía (Ebach y Humphries, 2002; Van Veller *et al.*, 2003; Grehan, 2003; Heads, 2005a, b) se encuentran articulados en la lógica clásica, en el ideal de la racionalidad y en la defensa de métodos particulares. En sentido general, la tendencia consiste en desdeñar la explicación de historias particulares de distribución a favor de la búsqueda de patrones congruentes generales, que apunten hacia causalidades únicas globalizantes. Pero en espacios biogeográficos como el antillano también son requeridas explicaciones específicas, y así lo trasluce Dávalos (2004). Otra tendencia es la representación de las relaciones entre áreas mediante diagramas jerárquicos (cladogramas). No obstante, son de esperar relaciones reticuladas en muchos casos, debido a que el movimiento en el espacio, ya sea cruzado o recurrente, es una característica fundamental de los seres vivos. Por eso es necesaria una biogeografía más dinámica, más ontológica, como se infiere de las reflexiones de Hengheld (1990, 1997) y Lobo (1999). Por su lado, Holloway (2003) asevera “Si la biogeografía pretende llegar a la mayoría de edad debe dejar de lado cismas como los enfoques de biogeografía de islas y biogeografía histórica en la forma de análisis de patrón, cladística y panbiogeografía, así como la dicotomía patrón (historia)-proceso (ecología)”. Hasta que no sean construidos más puentes añade- se estará mirando al patrón biogeográfico a través de un “cristal oscuro”.

En palabras de Maldonado (1999): “La complejidad implica y exige un abordaje distinto de la realidad y del mundo que el que había sido predominante en la tradición occidental. Esta nueva actitud consiste esencialmente en la apertura de cada ciencia y/o disciplina a otras ciencias, y a la filosofía misma en su esfuerzo por comprender los problemas y en la búsqueda de soluciones a los mismos.... Simultáneamente, esta apertura o permeabilización a otros saberes, conceptos, categorías e instrumentos que los propios en cada caso, significó el reconocimiento de que los problemas no tienen generalmente una única solución o respuesta, sino que existe más de una solución posible”. O dicho en la manera de Najmanovich (2002), “la complejidad no es una meta a la que arribar, sino una forma de cuestionamiento e interacción con el mundo; constituye a la vez un estilo cognitivo y una práctica rigurosa que no se atiene a 'estándares' ni a 'modelos a priori'. No se trata

de un nuevo sistema totalizante, de una teoría omnicompreensiva, sino de un proyecto siempre vigente y siempre en evolución.”

Como reconoce Juarrero (1999), los libros interdisciplinarios (o Transdisciplinarios) son notoriamente problemáticos. Lo que pudiera parecer demasiado simplista para algunos lectores, devendría enrevesado y nuevo para otros. Pero es necesario correr riesgos. De alguna manera, nuestra pretensión básica en este libro es el transmitir el influjo de la cosmovisión de la simplicidad en las teorías de la evolución y la biogeografía histórica. De igual modo, deseamos evidenciar la expansión de las perspectivas alternativas en estos campos y connotar los aspectos polémicos, posibles de interpretaciones diversas, en la biogeografía histórica, privilegiando ante todo contextos y no relaciones asumidas como universales. Es decir, un enfoque “complejo”. En un intento de congruencia con la recursividad innata del pensamiento y las raíces históricas de nuestra manera de pensar contemporánea, hemos estructurado la obra en seis capítulos o partes, donde la lectura de cada capítulo ayuda a la comprensión del por qué existen muchas de las polémicas actuales en la biogeografía histórica y de posibles alternativas de interpretación y acción.

En el Capítulo 1 se aborda la noción de paradigmas y de las raíces de la *via magna* o *via regia* de la ciencia, es decir de la “simplicidad”, con pinceladas acerca del pensamiento de algunos de sus más connotados protagonistas. En contraposición, el Capítulo 2 se ocupa de reflexionar sobre conceptos claves y puntos de vista de la “complejidad” y su asimilación en la biología en sentido general. El Capítulo 3 muestra algunas de las repercusiones de estas perspectivas en el pensamiento contemporáneo. De manera particular, discurrimos sobre las inflexiones del sujeto, la “objetividad” y sobre el “rescate de la multicausalidad” desde criterios no-lineales. El Capítulo 4 es dedicado a un análisis somero de la teoría o teorías de la evolución. Según se analizan las bases del darwinismo y el neodarwinismo, se discuten otras alternativas. En adición, en el Capítulo se tratan tópicos que versan sobre una visión semiótica del sistema organismo-entorno, así como diferentes interpretaciones acerca de la especie, la especiación, el nicho (se aboga por el desuso del concepto) y la conflictiva adaptación.

El Capítulo 5 es dedicado a una metareflexión sobre la biogeografía histórica. La distribución es tratada como una fenomenología que ocurre en un espacio particular, el espacio biogeográfico. Sobre esta base, se repasan y emiten criterios sobre los enfoques principales de la biogeografía histórica: dispersión, biogeografía cladística y panbiogeografía. Por último, el Capítulo 6 se dedica en lo fundamental al análisis de patrones biogeográficos de algunos grupos de organismos endémicos del archipiélago cubano. Se utilizan conceptos “complejos” como el de “atractores biogeográficos” y una perspectiva ante todo contextual y reticular. De manera interesante, las evidencias sugieren que algunos patrones panbiogeográficos podrían en realidad indicarnos procesos contrarios a lo que postula la ortodoxia de este enfoque de la biogeografía histórica. En este capítulo también se reflexiona sobre el significado de las áreas de endemismo y las explicaciones en la biogeografía.

El físico norteamericano y premio Nobel, Murray Gell-Mann, fue una de las dos personas que predijeron la existencia de los *quarks*, partículas elementales (o tal vez mejor decir infrapartículas o nanopartículas elementales) que destronaron a protones y neutrones de su condición de ser los elementos más simples constituyentes del núcleo atómico. El poeta chinoamericano Arthur Sze, es, con toda seguridad, la primera persona, y posiblemente la única, que se ha inspirado en estas casi imposibles manifestaciones de la materia-energía para crear literatura poética: *El mundo del quark lo tiene todo para dar cuenta de un jaguar caminando en círculos por la noche*. Esta frase inspiró a Gell-Mann para escribir *El Quark y el Jaguar*. En este libro precisa su imagen de lo simple y lo complejo. El quark es lo simple, es el símbolo de las leyes subyacentes de la materia, del universo, las cuales, una vez descubiertas, aparecen diáfanas ante el ojo analítico de la mente. El jaguar, es una metáfora de los esquivos sistemas complejos adaptativos, que continúan eludiendo una visión analítica clara, aunque su olor acre sea capaz de percibirse desde la espesura.

Y la biogeografía histórica es la que pretende descifrar el enigmático desplazamiento del felino a través de la jungla.

Capítulo 1

La gran Herencia

“En las múltiples formas de la filosofía griega se contenían ya en germen, en génesis, casi todas las concepciones posteriores. Las ciencias naturales... están igualmente obligadas, si quieren seguir la historia de la génesis de sus actuales principios generales, a retrotraerse a los griegos”.

Friedrich Engels

Si uno no sabe historia, no sabe nada: es como ser una hoja y no saber que forma parte del árbol

Michael Crichton

“La cultura contemporánea está siendo conformada más y más por la ciencia, y como resultado de tal transformación, es cada vez más remota de, e incommensurable con, las civilizaciones antiguas y clásicas. Es por eso que la historia merece cada vez más atención, como el puente que nos permita seguir en contacto con nuestro pasado cultural”.

Ruy Pérez

*Exegi monumentum aere perennius**

PARADIGMAS

“**O***sancta simplicitas!* (¡Oh santa simplicidad!) ¡Dentro de qué simplificación y falseamiento tan extraños vive el hombre! ¡Imposible resulta dejar de maravillarse una vez que hemos acomodado nuestros ojos para ver tal prodigio! ¡Cómo hemos vuelto luminoso y libre y fácil y simple todo lo que nos rodea!, ¡cómo hemos sabido dar a nuestros sentidos un pase libre para todo lo superficial, y a nuestro pensar, un

* “He acabado un monumento más durable que el bronce”, dijo Horacio. Empleamos la frase aquí en el sentido de la prevalencia en nuestra contemporaneidad de la manera clásica y moderna de razonamiento.

divino deseo de saltos y paralogismos traviesos!, icómo hemos sabido desde el principio mantener nuestra ignorancia, a fin de disfrutar una libertad, una despreocupación, una imprevisión, una intrepidez, una jovialidad apenas comprensibles de la vida, a fin de disfrutar la vida! A la ciencia, hasta ahora, le ha sido lícito levantarse únicamente sobre este fundamento de ignorancia, que ahora ya es firme y granítico; a la voluntad de saber sólo le ha sido lícito levantarse sobre el fundamento de una voluntad mucho más fuerte, ila voluntad de no-saber, de incertidumbre, de no-verdad! No como su antítesis, sino - icómo su refinamiento! ...sin embargo, acá y allá nos damos cuenta y nos reímos del hecho de que la mejor ciencia sea precisamente la que más quiere retenernos dentro de este mundo *simplificado*, completamente artificial, fingido, falseado... ”

La anterior introspección pertenece a Nietzsche (2003a) y fue escrita en 1886. Con ella, expresamos nuestro respeto a tal pensador e iniciamos nuestra pretensión de esbozar algunos puntos del gran ideal o paradigma de la simplicidad, de la *via regia o magna* de la ciencia. La ciencia no existe de manera abstracta, como un ideal puro. Existe un conocimiento dinámico construido por personas, por sujetos. Si en la construcción de este conocimiento son seguidos determinados cánones aceptados por la mayoría de una comunidad específica, entonces este conocimiento se considera “científico”. A su vez, el conocimiento científico no es el único tipo de conocimiento valido, como muchas personas creen. Es, sin duda, el conocimiento más racional posible, y seguramente el más racionalizable.¹

Sin embargo, el ser humano no *conoce exclusivamente* a través de la praxis científica. Existen también el conocimiento *filosófico*, el *artístico* y el conocimiento *revelado*. Este último incluye lo religioso y lo divino, pero no es exclusivo de ambos, porque se refiere por igual a lo instintivo, a lo arracional y a lo no racionalizable, lo que es consustancial de igual modo al conocimiento artístico y aun al científico. ¿Acaso los cauces del pensamiento científico no transcurren, en buena medida, por sendas y recovecos intuitivos, arracionales? Un tipo de conocimiento recentísimo,

al que Wagensberg (1998) le concede gran importancia, es el conocimiento *simulado*, que ha emergido cómo un resultado de las simulaciones de posibles procesos del mundo natural en el seno de las computadoras.

A lo largo de los siglos se ha asociado a la ciencia con lo experimentable y repetible, lo racional y predecible y lo preciso y calculable. La ciencia es relacionada con el “método científico”. Se “hace ciencia” a través de métodos científicos específicos o a través de un metamétodo globalizador. A la ciencia “se llega” a través de puentes o métodos. La ciencia se concibe así cómo una entidad metafísica, ideal, ajena al sujeto hacedor de ciencia. La ciencia no se equivoca; son los sujetos los que yerran. Los propios científicos han ayudado a configurar una imagen ideal de la ciencia. Esta clase de conjuntos de ideas constituye un paradigma. Existe una imagen paradigmática de la ciencia. Paradigma es un vocablo griego (παρδειγμα), y está relacionado con concepciones de Platón acerca de modelos ideales, trascendentales, de las cosas, y también significa mostrar, manifestar. Kuhn (1970) definió a un paradigma científico como una constelación de logros, conceptos, valores y técnicas compartidos por una comunidad científica y usados por esta para definir problemas y soluciones legítimos. La imagen es interesante. Los paradigmas son modelos consensuados del mundo, no son “objetivos”. Si se vislumbran nuevas vías para el abordaje y la comprensión de fenómenos y la solución a determinados problemas, pueden emerger incongruencias y contradicciones con valores, conceptos y técnicas ya establecidos y aceptados.

El conocimiento lo construyen los sujetos, por lo tanto, no existe, ni puede existir para la construcción del mismo una vía ideal, ajena a los intereses, las pasiones y el sentido de los sujetos que lo construyen. Thomas Khun lo refleja así al expresar “...lo que reemplaza el una vez considerado mundo independiente de la mente, acerca del cual los científicos una vez dijeron descubrir la verdad, es la variedad de nichos dentro de los cuales los practicantes de las diversas especialidades realizan su profesión. Esos nichos tanto crean como son creados por las herramientas conceptuales e instrumentales con las cuales sus habitantes operan sobre ellos;

son...sólidos, reales y resistentes al cambio arbitrario... Pero, a diferencia del llamado mundo exterior, no son independientes de la mente y la cultura, y no son sumables a un todo coherente y único, del cual nosotros y los practicantes de todas las especialidades científicas individuales somos habitantes”.

El enfoque khuniano es llamado *historicista* y, a diferencia de las visiones clásicas de la ciencia, le otorga gran importancia a factores subjetivos, al papel desempeñado por los sujetos hacedores de la ciencia. La ciencia no es solamente un repaso sereno y neutral entre las teorías y la realidad. No les resulta posible a los científicos discriminar beatíficamente entre paradigmas para escoger los más “objetivos”, por la sencilla razón que sus procesos racionales se encuentran embebidos en paradigmas. En realidad, la situación es más compleja. Tal y como Khun discernió, los científicos son “habitantes” de paradigmas, cómodamente instalados en sus nichos, frescos y protectores de encandilamientos sospechosos. Y la “emigración” entre paradigmas puede devenir un proceso traumático. La identidad de una persona también está relacionada con el hecho de haber nacido y vivido en una nación en particular. Las personas viven habitando una verdadera matriz, un retículo socio-cultural, conformador de una idiosincrasia particular y de un poderoso sentido de pertenencia.

De igual modo, el hecho de “habitar” un paradigma engendra idiosincrasias y sentidos de pertenencia particulares, de identidad paradigmática. Todas estas vivencias no son necesariamente conscientes; sencillamente, constituyen una matriz, acogedora y nutricia, dentro de la cual no sólo se habita a sus expensas, sino se cuida y se trata de mantener y expandir. Por otra parte, los científicos no son necesariamente individuos demasiado racionales. No tan sólo existe diálogo, sino más bien debates animosos, pasiones, tensiones y verdaderas confrontaciones entre los paladines de concepciones diferentes. Incluso, no es inusual que algunas de estas confrontaciones devengan debates estériles donde se invierte, mas bien se pierde, valioso e insustituible tiempo y energías. En el decir de Kuhn, un paradigma triunfa en ocasiones no porque consiga convencer a sus oponentes, sino

en la medida que los representantes de los paradigmas más longevos van falleciendo.

Capra (1996) expone su noción de un paradigma de mayor inclusividad y complejidad, el paradigma social: "...una constelación de conceptos, valores, percepciones y prácticas compartidos por una comunidad, que conforman una visión particular de la realidad que, a su vez, es la base del modo en que dicha comunidad se organiza". Así, los científicos y la construcción de conocimiento se encuentran embebidos y anidados en un doble sistema de paradigmas, los paradigmas científicos y los paradigmas sociales. Para Munne (1995), sea cual sea el alcance de una teoría, en ella subyace una imagen determinada del ser humano y una concepción preconcebida de lo que es o debe ser el conocimiento. En otras palabras, toda teoría contiene implícita o explícitamente un modelo del ser humano y, emanado de ello, un modelo de la ciencia. Al conjunto de axiomas derivables de un mismo modelo de ser humano como fuente de teorización, Munne le llama paradigma. Y al contenido axiomatizado de un modelo dado de ciencia, *metaparadigma*; por ejemplo, el enfoque sistémico en tanto que es formalmente aplicable a diferentes marcos teóricos. En el criterio de este filósofo catalán, los paradigmas constituyen un modo de formalizar teorías y, por lo tanto, un nivel de formalización.

Thomas Khun planteó que la ciencia para avanzar tiene que romper y sustituir los viejos paradigmas por otros nuevos. Pero ello no es tan fácil, porque los paradigmas les hacen la vida expedita a los científicos; los protegen y le aseguran su quehacer cotidiano. Y no sólo a los científicos, sino a toda la superestructura en la que están inmersos y de la que dependen en última instancia. Las instituciones económicas y gubernamentales también operan sobre la base de paradigmas más o menos rígidos, o más o menos flexibles, según se quiera mirar. Es decir, mientras los nuevos paradigmas, debido a causas múltiples y complejas, no se generalizan, puede ser que sus ideas encuentren el rechazo, la obstaculización o la más completa indiferencia por parte de muchos, no sólo en la comunidad de una o varias ciencias específicas, sino en toda la sociedad en sentido general.

En nuestra sociedad postmoderna, los fenómenos de la ciencia influyen cada vez más en el pensar y en la vida de todas las personas, no se limitan sólo a la ciencia. Como expone Morin (1984), la ciencia influye y determina la infraestructura de la economía y la industria, a la vez que es restringida-estimulada por estas. Es la infraestructura de las infraestructuras. La ciencia es conocimiento, y el conocimiento científico lo construyen los seres humanos. El conocimiento científico transita por caminos cimentados en valores y percepciones preestablecidos. Estos valores y percepciones condicionan intereses, que a su vez predeterminan los caminos a seguir. Como en toda comunidad humana, la comunidad de científicos en todas las épocas ha estado embebida en lo social y en lo cultural, en lo subjetivo. Los científicos viven embebidos en redes de sentido, poder y deseo.

No obstante, los paradigmas se cambian, porque el ser humano es consustancialmente osado y arracional. Además, los seres humanos, la sociedad y el pensamiento son sistemas dinámicos no lineales alejados del equilibrio, son sistemas disipativos, y el intercambio con el entorno socio-cultural genera el cambio, si no en todos, sí en algunos. Por lo tanto, están “condenados” a cambiar de manera irremisible. En este punto, es importante subrayar lo expresado por Ahl y Allen (1996): “Los cambios de paradigmas ocurren no porque hayan sido reveladas respuestas verdaderas a todas las viejas preguntas, sino porque un grupo activo de observadores han cambiado sus cuestionamientos y énfasis. Nuevas preguntas, no nuevas verdades, guían el sendero de la ciencia”.

Lo paradigmático representa lo racional, lo cual es deseable, pero también representa lo racionalizado y lo racionalizable, lo formalizado; por lo tanto, los paradigmas, hasta cierto punto, mutilan la creatividad. La ciencia ha comenzado a asimilar su necesidad de introspección, de su pertenencia también a lo onírico, de su identidad con lo arracional y lo no racionalizable. Cómo discurre Morin, “el conocimiento debe revelar el misterio de las cosas; los caminos hacia la complejidad son, al mismo tiempo, los de un conocimiento que intenta conocerse a sí mismo, es

decir, los de una *ciencia con conciencia*. . . . El fin del conocimiento no es descubrir el secreto del mundo, sino dialogar con él.” Y como en todo diálogo inteligente, lo que más se disfruta y más aporta novedad, creatividad y conocimiento a los dialogantes, no es la conducción del lenguaje y las ideas a través de y dentro de, un canon determinado, sino la soltura espontánea y desprejuiciada, pero respetuosa y co-constructiva, entre las personas y entre las personas y el mundo; mundo y personas que, al mismo tiempo, se co-construyen y co-definen los unos a los otros.

EL LEGADO DE LA CIENCIA CLÁSICA Y MODERNA

Es lícito considerar que existe un gran metaparadigma globalizante en cuanto a formas de percibir y razonar sobre el mundo, o todavía más trascendental, en lo referido a lo que se *espera* y se *exige* que ofrezcamos sobre nuestras percepciones y acciones acerca del mundo. Este punto es difícil de resumir y precisar. No es tan sencillo, porque la ciencia y la industria “clásicas”; en fin, la cultura global de la humanidad, no sólo nos ha legado alguna manera particular de pensar o hacer, sino vivimos literalmente embebidos en esa cultura. Estamos embebidos en ella en nuestras relaciones familiares desde nuestro nacimiento, y en todo el proceso educativo desde la primaria hasta la enseñanza, no sólo universitaria, sino postgraduada. Es dentro de esa cultura donde nos desenvolvemos cotidianamente y desde donde nos proyectamos hacia las actividades más disímiles.

De cualquier manera, vivimos en un mundo donde se acepta, y aun se exige, el análisis, el desmenuzamiento de las partes para tratar de comprender el todo. Se lucha para tenerlo todo previsto, hasta lo evidentemente imprevisible. Se demanda la exactitud y la precisión; la cantidad. Casi todo se reduce a guarismos, claros y nítidos. Toda acción debe estar canalizada a través de un método, éste debe ser bien racional y, sobre todo, racionalizable. Las causas eficientes de los procesos deben estar bien definidas y potenciadas. Los fenómenos deben ser explicados a través de leyes

universales. Y todo el mundo tiene que tener una visión semejante de los mismos fenómenos, los cuales deben ser explicados de la misma manera: precisa, clara y elegante. Existen un mundo social y otro no social o natural, los cuales funcionan por mecanismos que debemos develar para nuestro propio provecho. Y, por supuesto, el mundo está ahí, dado, para que lo descubramos y seamos capaces de transformarlo y domeñarlo a nuestro antojo. Los mecanismos son universales. Los seres humanos son máquinas biológicas las que, ante cualquier desperfecto, la omnipotente ciencia inunda con todo tipo de sustancias inyectables, deglutibles, absorbibles o respirables. Sustancias que, a su vez, han sido fabricadas dentro de la mejor de las tradiciones clásicas y modernas. Por suerte, nos encontramos viviendo un bucle recursivo donde se “rescata” la sabia medicina tradicional.

Lo anterior no es un sarcasmo. Todo lo beneficioso y lo útil, así como lo inicuo y lo superfluo* que ostenta la humanidad, es el resultado de ese legado. Ese legado es nuestra cultura, y el metaparadigma es la llamada *scientia magna o via regia* de nuestra cultura occidental (en realidad una amalgama de las culturas greco-romana, hebrea, árabe y egipcia). Los preceptos o cánones básicos de este crisol de culturas y sociedades podrían resumirse como sigue: 1. Los procesos son predecibles, lineales: el orden y el equilibrio son las condiciones normales. 2. El tiempo y el espacio son independientes, además, el tiempo es reversible y absoluto. 3. Existen leyes universales que influyen sobre la manifestación de fenómenos y procesos. Es decir, los procesos son ahistóricos. 4. La cantidad se preferencia sobre la calidad. 5. Las irregularidades se ignoran. 6. Los objetos están en reposo y en equilibrio a menos que se les apliquen fuerzas externas. 7. El mundo está dado de manera objetiva. Ello implica que, mediante la deducción de la acción de leyes universales y deterministas, es posible la obtención de un conocimiento objetivo. El sujeto que conoce no es más que un “puente” entre el mundo y el conocimiento que de él se deriva. 8. El todo se recupera a través de las partes. 9. La causalidad importante es

* En este punto, viene a la mente la cínica frase de Sócrates frente a un mercado bien surtido en Atenas “¡cuántas cosas que no necesito!”

la inmediata, la eficiente. 10. La gran relevancia del método, con énfasis en el modelo hipotético-deductivo de razonamiento.

Para exponerlo en menos palabras, la *via magna* es el metaparadigma de la simplicidad, expresada en leyes generales de la naturaleza, generadora de orden, estabilidad y equilibrio, de cambios predecibles con exactitud y de representaciones precisas, y del funcionamiento mecánico, de la causalidad eficiente y única, y de la lógica deductiva como señora del razonamiento. La *sancta simplicitas* es también una filosofía de control y sojuzgamiento, pues todo es posible de reducir a leyes simples, mecánicas. Cómo reconoce Buchanan (2004), la búsqueda de simplicidad es quizás el tema más básico de toda la ciencia. Capra (1996) reflexiona al respecto: “El paradigma, que está ahora en recesión,^{*} ha dominado nuestra cultura a lo largo de varios centenares de años....Dicho paradigma consiste en una arraigada serie de ideas y valores, entre ellas, la visión del universo como un sistema mecánico construido por piezas elementales, la del cuerpo humano como una máquina, la de la vida en sociedad como una lucha competitiva por la existencia, la creencia en el progreso material ilimitado a través del crecimiento económico y tecnológico, y por último pero no por ello menos importante- la convicción que una sociedad donde la mujer está por doquier sometida al hombre, es una que sigue una ley básica de la naturaleza. Todas estas asunciones han sido irremisiblemente cuestionadas por eventos recientes. Y, verdaderamente, una revisión radical de las mismas se encuentra ahora en proceso”.

¿Por qué existe tal metaparadigma? Para comprenderlo, es necesario un poco de historia, y a través de ésta historia vamos a reflexionar acerca de la causalidad, el énfasis de lo cuantitativo y en los enfoques analíticos e hipotético-deductivos como métodos privilegiados de construcción de conocimiento por la modernidad y por nuestra post-modernidad en tránsito.

^{*} *Lamentablemente, dicho metaparadigma, ini remotamente se encuentra en recesión en la mentalidad de muchos!*

CAUSALIDAD

Sócrates (470-399 AC) de Atenas, es un personaje imprescindible de abordar en cualquier intento de comprender las relaciones de causalidad en la cultura “occidental”. Sócrates vivió en una época particularmente interesante, porque delimitó una ruptura epistemológica con los llamados filósofos de la naturaleza*

Los filósofos atenienses comienzan a preocuparse no sólo por los fenómenos naturales, sino también por los sociales. Intentaban segregar las convenciones y dogmas sociales de lo que era típicamente natural. De esta manera, surgió un grupo de filósofos errantes llamados *sofistas* (persona sabia, hábil) que vagaban entre ciudades. De esta época, procede la célebre frase de Protágoras (487-420 AC), quien sentenció “el hombre es la medida de todas las cosas”. Ellos buscaban demostrar que no existen normas absolutas ni universales, como el llamado “pudor natural”, que no es un sentimiento innato, sino resultado de la educación y las convenciones. Los sofistas eran maestros de una retórica hábil, y cobraban por convencer a los demás de su sabiduría y razón (no de la verdad, sino de la fuerza de la retórica). Sin embargo, Sócrates se consideraba un *filósofo* y, además, no cobraba por enseñar.

Sócrates es considerado un filósofo en la más prístina acepción del término, el de saber por el propio amor al conocimiento. Su motivación aparente era experimentar sabiduría, literalmente *habitarla*. Tal vez por ello no dejó nada escrito, excepto como personaje de los famosos diálogos de Platón. Sócrates era de escasa estatura y sobresaliente por su fealdad, pero también poseía un ingenio brillante y un humor agudo y diáfano. Su método de filosofar, la *mayerútica*, consistía básicamente en dialogar y en dirigir las preguntas y respuestas de manera tal, que su interlocutor llegaba a creer que él mismo era una persona extraordinaria, mientras el Maestro se limitaba a hacerle ver los puntos débiles en su razonamiento.

* Estos filósofos, también llamados *presocráticos*, vivieron en las colonias griegas de la Anatolia y del sur de Italia, y se interesaron básicamente en el estudio de la naturaleza y sus procesos. Los más conocidos fueron Tales, Anaximandro y Anaxímenes, todos de Mileto; Parménides, de Elea; Heráclito, de Efeso; Empédocles, de Sicilia; Anaxágoras, de Asia Menor y Demócrito, de Abdera.

Sócrates promulgó la “ironía socrática”, o sea, la profesión irónica de ignorancia (“sólo sé que no sé nada”). A través de un diálogo astuto, el filósofo se hacía el ignorante para luego señalar, de manera aplastante, la incongruencia en el razonamiento de los demás. Sócrates impelía a los demás a utilizar su sentido común. “Atenas es cómo un caballo apático y yo soy el moscardón que intenta despertarlo y mantenerlo vivo”. Y para ello recorría plazas, mercados calles y arboledas.

Estableciendo una metáfora con el quehacer de su madre, de oficio comadrona, comparaba su propia actividad con la del “arte de parir”. El filósofo declaraba que él no enseñaba, de la misma manera que la comadrona no *pare* al niño; ella, simplemente, está presente para ayudar durante el parto. Así, Sócrates consideraba su misión ayudar a las personas a “parir” la debida comprensión, porque el verdadero conocimiento tiene que salir del interior de cada uno. No puede ser impuesto por otros. Sólo el conocimiento que llega desde dentro es el verdadero conocimiento. Es impresionante aquilatar en esta concepción socrática del conocimiento “desde dentro” una tremenda congruencia con las concepciones modernas. Por ejemplo, la tesis de la escuela de cognición de Santiago de Chile, que metaforiza el conocer como el propio acto de vivir, de “alumbrar un mundo” (ver Capítulos 2 y 3). De igual modo, el renombrado escritor brasileño Paulo Coelho pone en boca de un personaje en *El Peregrino*, “Enseñar es mostrar qué es posible. Aprender es volver posible a sí mismo” (p. 145).

Según Platón, Sócrates fue capaz de extraerle a un humilde esclavo la deducción del Teorema de Pitágoras, del cual no había tenido previamente la más remota idea. De acuerdo con Pérez (2000), este momento marca el origen del vocablo *educación*, que proviene del latín *educare*, cuyo significado literal es sacar, extirpar. Con su estilo, Sócrates arremetió en más de una ocasión contra funcionarios licenciosos, ridiculizándolos en público, lo que le granjeó mortales enemistades entre la aristocracia ateniense. También se manifestaba en contra de participar en decisiones de condenas a muerte y en denunciar a adversarios políticos.

Sócrates fue acusado de cargos diversos, entre ellos el de corruptor de la juventud. En consecuencia, lo sentenciaron a beber la fatídica cicuta. Su condena fue aprobada por estrecho margen y, ejerciendo su derecho, procedió a argumentar su caso. Pronunció un discurso muy típico de su persona, cargado de ironías y sarcasmos, donde llegó a proponer la conmutación de su pena por la del pago de una pequeña multa, dado el despreciable valor que para el Estado tenía un hombre dedicado a la filosofía. Irritó de manera tal al tribunal, que éste, al volver a votar, lo hizo por amplia mayoría a favor de la muerte del filósofo.

Sus discípulos le prepararon un plan de fuga; pero Sócrates rehusó eludir su destino, prefiriendo arrostrar la muerte con toda dignidad. Esta decisión de su maestro afectó sobremanera a Platón, quien encauzó su pesar por aguas filosóficas. Según Platón, mientras su Maestro esperaba la ejecución, mostró su inconformidad con los filósofos de la naturaleza, quienes adjudicaban a diferentes elementos como la tierra, el agua, el aire, la niebla o el fuego, la propiedad de ser las causas de todas las cosas, y las de explicar cualquier tipo de evento. No parecía nada evidente que el agua, la tierra o la niebla tuvieran mucho que ver con las decisiones humanas. Entonces, ¿cuáles eran las causas de las razones por las cuales Sócrates no escapaba de la prisión? ¿No eran acaso las causas verdaderas de su conducta?

Muchos años después, el más brillante de los discípulos de Platón, Aristóteles (384-322 AC), insatisfecho con la rigidez de las causas aceptadas por los filósofos previos, examinó las diferencias entre conducta intencional y conducta involuntaria. De este modo, postuló que una explicación adecuada de cualquier cosa debe identificar las causas responsables por el fenómeno que está siendo explicado. Para un entendimiento básico de *causalidad*, sigamos a Pérez (2000); “En nuestra contemporaneidad, la noción de *causa* es algo (cosa o proceso) que hace que otro algo (cosa o proceso) acontezca”. Para el gran pensador de la antigüedad, la causalidad era un evento más complicado; en realidad, la causalidad constituía una secuencia de eventos. Aristóteles, por una parte, había establecido que *la vida es movimiento*, pero por otra sentenció que *nada se mueve a sí mismo*. Sobre esta base,

Aristóteles reflexionó sobre las causas que motivaban la acción o comportamiento voluntario por un lado y el comportamiento compulsivo por otro. Intentemos seguir su razonamiento.

Si el principio de movimiento (*arché*) o *causa* residía dentro del agente o entidad, la acción era voluntaria. Cuando la causa era externa y el agente y las circunstancias o contexto no intervenían, es decir, cuando la entidad de referencias era “empujada” por las causas, entonces el comportamiento de esta entidad era involuntario o compulsivo. Aristóteles también distinguió comportamientos “mezclados”, motivados por un sentido acorde a las circunstancias. Existían causas externas compulsorias, que “empujaban” a la entidad, pero esta también poseía la posibilidad de determinar la acción. El comportamiento mezclado era una conducta voluntaria cuyo principio de movimiento o causa reside dentro del agente, pero éste tiene que decidir una selección de acción de acuerdo con las circunstancias externas. Por ejemplo, si usted está a bordo de un bote muy cargado en medio de una tormenta, tiene que decidirse entre arrojar la carga, por valiosa que sea, o hundirse junto con ella. O cómo hizo Sócrates, que prefirió morir, fiel a sus principios, antes que aceptar la fuga y eludir la cicuta.

Para Aristóteles, el cambio era la actualización, por una pluralidad de causas, de lo potencial, a través de la acción de *potencias*. Estas causas múltiples se desarrollaban en un orden lineal y eran definidas como causas *material, formal, eficiente y final*. Las potencias serían fuentes engendradoras de cambios en otra cosa o en la cosa en sí misma *qua* (como tal) otra. Las potencias podían ser *pasivas* (para ser actuadas sobre); éstas eran potencias que recibían los cambios contenidos en la materia. La potencia significaba “no sólo esa clase definida de la cual se dice que es el ser un principio de cambio en otra cosa o en la cosa en sí misma considerada como otra, sino en cada principio general de movimiento o de reposo”. Las potencias *activas* (para actuar sobre) se encontraban en agentes o entidades que impartían dichos cambios. Los objetos inanimados y elementos sólo poseían las potencias pasivas; los organismos ambas clases. Sin embargo, en este punto el filósofo incurría

en una paradoja. Los organismos no podían actuar sobre sí mismos, porque eran una cosa única, no dos cosas diferentes. Para actuar sobre sí mismos, tendrían, al mismo tiempo, que ser la potencia pasiva, receptora de la acción, y la activa, accionante *sobre un algo, pero desde otro algo*. Como nada tendría la capacidad de poseer simultáneamente ambas potencias con respecto a la misma propiedad, entonces ninguna entidad *podría actuar sobre sí misma*. Pero, según Aristóteles, la Naturaleza “también está en el mismo género que la potencia, porque es un principio de movimiento, no, sin embargo, en otra cosa, sino en la cosa en sí misma, como tal cosa”.

Existía un problema: un organismo no es un género o principio, sino una *sustancia*, una unidad o sistema orgánico; por lo tanto, no podía actuar sobre sí mismo. ¿Cómo explicar, entonces, las acciones de los organismos? Aristóteles resolvió esta paradoja a través de un doble esquema. En el primer esquema los organismos poseían una *orexis, psyche* o alma inamovible, pero al mismo tiempo capaz de *mover* al cuerpo o parte a ser movida. Lo que a su vez “desperzaba” al alma era una potencia o agencia externa o causa eficiente. Por ejemplo, a la vista de una gacela, el alma hambrienta de una leona impele al cuerpo perseguir su ágape. De esta manera, no se violentaba la prohibición contra lo auto-causal. El segundo esquema era la multicausalidad.

Aristóteles consignó que las cosas son susceptibles de cuatro clases de explicaciones, todas legítimas y todas necesarias en su empleo: *por su materia o constitución física, por el impulso que las pone sobre un camino conocido, por el propósito al cual sirven, por la forma que encarnan*. Estas explicaciones constituían las razones o causas de las cosas y eventos. Es importante destacar que esta causalidad tenía un sentido *teleológico*. Ello significa que las cosas tenían un designio, el cual a su vez era una instancia de alguna finalidad o propósito preconcebido. Para Aristóteles, la naturaleza no creaba nada sin un propósito, y dicho propósito era la mejor adecuación posible. El diseño de dichas razones es el siguiente:*

*Conciliado de Álvarez (1998), Rield (1998), Juarrero (1999) y Pérez (2000).

Causa material. De qué está hecha una cosa. Constituye la realidad corpórea y material, la composición material de una cosa que funciona como el sustrato donde los cambios ocurren, la base del desarrollo de los componentes. Esta causa **también enfatiza** la potencialidad para la sustancia, a partir de la cual algo es hecho.

Causa eficiente o motriz. Desde donde se origina el movimiento o el reposo; es por lo cual ocurre un cambio, el cómo se forma una cosa. La causa eficiente se considera fuente de movimiento, generación o cambio, la fuerza que lleva la cosa a la existencia. De igual modo, se asocia con el poder, energía o movimiento que transmite la especificidad a la materia y, como tal, la que realiza de manera inmediata el desarrollo de las entidades. Su dinámica es de discriminación, diferenciación; acciona entre componentes del sistema y entre componentes y el ambiente.

Causa formal. Es la idea eterna o forma de una cosa. Otorga la forma, corporiza el patrón, configuración o molde dentro de lo cual algo es cambiado; representa la especie, el tipo o la clase. Es lo que hace algo lo que es y no otra cosa. Representa la especificidad transmitida a la materia sobre la base del movimiento. Se refiere de igual modo a la estructura, idea, plan, definición, diseño, los cuales son realizados en las cosas causadas; son las cualidades que especifican las cosas. La causa formal es el marco dentro del cual acciona la causa eficiente.

Causa final. *Simboliza el objetivo* o pleno desarrollo de un individuo, o la función planeada de una construcción o de un invento; objetivo o propósito hacia donde se dirigen las cosas; hacia donde el cambio es dirigido, o por lo cual el cambio es producido. Constituye el para qué una cosa se ha formado. Es la obtención del completo ordenamiento del sistema; conlleva la máxima cantidad de información, de coherencia.

Según Riedl (1998), Aristóteles concibió las causas material y formal accionando dentro del sistema, mientras la eficiente y la final accionaban desde afuera, desde el equivalente al mundo de las ideas platónico. Aristóteles concebía el recorrido del cambio, a través de las cuatro causas, como la realización de la *entelequia*, que era el desarrollo de las potencias en las cosas hacia la actualización de

la perfección en su forma, en su causa final. La entelequia simbolizaba la autorrealización de la esencia de las cosas en el fenómeno particular en sí. Toda materia tiene la posibilidad inherente de hacer realidad una determinada forma. Aristóteles le concedió una importancia extraordinaria a la forma (*eidos*): “cuando una cosa es conocida lo es en cuanto forma, y todo conocimiento de ella depende de esta forma”... “lo que buscamos es la causa; o sea, la forma”.

En el criterio de Stocks (1999), la forma es la noción central de la filosofía de Aristóteles, y representa la unión del *ser* y el *conocer*. Lo básico era el discernir para qué o a qué una forma debía su existencia. La forma no es casual, nos brinda información sobre las posibilidades de la materia y de sus limitaciones. Explicar algo, incluyendo el comportamiento, implicaría dilucidar el papel de cada causa en la existencia del fenómeno. Con esta causalidad múltiple, Aristóteles englobaba las cuatro preguntas básicas en toda indagación clásica: ¿qué?, ¿cómo?, ¿por qué?, ¿para qué? Debido a su perspectiva teleológica, Aristóteles le concedió importancia vital a las causas final y formal. Las causas material y eficiente constituían algo así como los procesos necesarios para que la forma culminara su finalidad.

En palabras de Aristóteles, un león joven está compuesto de tejidos y órganos, ello constituiría la causa material; la causa motriz o eficiente serían sus padres, que lo crearon; la causa formal es su especie (león); la causa final es su impulso innato (*telos*) por convertirse en un ejemplar maduro de su especie. En contextos diferentes, las mismas cuatro causas se aplican de forma análoga. Así, la causa material de una estatua es el mármol en que se ha esculpido; la causa eficiente, el escultor; la causa formal, la forma, el diseño que el escultor forjó en su mente para dar forma al mármol y la causa final, su función; ser una obra de arte. La unidad de las cuatro causas hace a una cosa en su realidad.

El ejemplo del comportamiento es más complicado. Como la *orexis* o *psiche*, ese principio interno de movimiento, no puede causarse eficientemente a sí misma, necesita de algún estímulo externo. Los deseos están inmóviles en la *orexis*; la gacela actúa de disparador de la causa final, el deseo de la leona por el alimento. El alma

felina (causa formal cómo especie o género de felino) de una leona en particular (causa material) impele su cuerpo (causa eficiente) a capturar su alimento y satisfacer su necesidad de alimentación (causa final). Como el alma de la leona es *otra cosa* que su cuerpo, entonces puede lanzar a éste último como causa eficiente. Siempre un aspecto (como otra cosa de la cosa como tal) mueve a otro aspecto para no violar el principio de la no auto-causalidad.

La grandiosa compulsión conjunta del Renacimiento y del Siglo de las Luces o de la Ilustración, marcó el comienzo del cercenamiento de la multicausalidad. Francis Bacon (1561-1626) fue un multifacético personaje inglés, quien se declaró a sí mismo *bucinatoris novi temporis* (el trompetero de los tiempos modernos). Profesó una antipatía abierta por los preceptos de Aristóteles. Tal vez haya sido el primer personaje influyente en promulgar que el conocimiento científico no sólo conduce a la sabiduría, sino también al poder, y que la ciencia más eficiente y mejor es la institucionalizada y la llevada a cabo por grupos de personas, no por pensadores aislados. Bacon propuso eliminar la causa final de las investigaciones, debido a que la búsqueda de finalidades en las cosas y procesos era el foco de disputas estériles.

Por su parte, el influyente filósofo inglés John Locke (1632-1704), continuó con la idea aristotélica de la causalidad eficiente externa: “En el registro que nuestros sentidos llevan de la vicisitud constante de las cosas, no podemos dejar de observar que ciertos eventos individuales [...], inician su existencia, y la misma la reciben gracias a la aplicación y operación adecuadas de algún otro evento. De esta observación derivamos nuestras ideas de *causa y efecto*”. Por el contrario, el escocés David Hume (1711-1776) expuso: “a través de nuestros sentidos no podemos inferir con certeza ninguna secuencia causal”. Para Isaac Newton, las fuerzas eran causas potentes que necesitaban sus efectos. En el criterio de Hume, desde el momento en que las impresiones de los sentidos no detectaban ninguna conexión vigorosa mucho menos necesaria- entre causa y efecto, la causalidad, sencillamente, no era una categoría verificable ontológicamente.

Hume se atrevió a refutar la universalmente aceptada conexión causa-efecto,

al señalar que la causalidad no es dable de descubrirse entre las propiedades de los distintos objetos o eventos: “no existe ningún objeto que implique la existencia de otro cuando consideramos a ambos objetos en sí mismos, sin mirar más allá de las ideas que nos formamos de ellos”. Es decir, la concepción de la causalidad eficiente no era más que una expectación de la experiencia, pues en realidad nunca es posible percibir directamente la fuerza asumida necesaria como causa. La causalidad era para Hume una propiedad relacional. Por ejemplo, **A** está detrás o delante de **B**; o **A** aparece antes o después de **B**, pero no podemos percibir que **A** causa a **B** o viceversa; no tenemos una *impresión* a través de los sentidos de la relación causal. Aceptar estas relaciones de otra manera, sería incurrir en un razonamiento similar al expuesto por Ambrosie Bierge, “*Efecto*: el segundo de dos fenómenos que siempre ocurren juntos en el mismo orden. El primero es llamado causa y se dice que genera al otro (cosa que no es más sensata de lo que sería para alguien que nunca ha visto a un perro, salvo en la persecución de un conejo declarar que el conejo causa al perro)”.

Hume llega a concebir la causalidad como algo completamente subjetivo. En su *Tratado de la Naturaleza Humana* [www. dipualba.es/publicaciones. (2001)], aparece la siguiente definición de causa: “Un objeto precedente y contiguo a otro y tan unido a él que la idea del uno determina al espíritu a formarse la idea del otro, y la impresión del uno a formarse una idea más vivaz del otro”. Un poco más adelante confiesa su incapacidad de ofrecer una definición más precisa de causalidad. De acuerdo con Pérez (2000), esta sentencia se opone al concepto de regularidad en la naturaleza, en franco desacuerdo con la mentalidad colectiva del momento, moldeada por la obra y pensamiento de Galileo, Descartes y Newton. Hume rechazó la multicausalidad de Aristóteles, y planteó que lo distinguido en una relación causal, era siempre la causa *eficiente*.

De cualquier manera, Hume ofrece en esa obra tres criterios de identificación de causalidad y *ocho reglas para juzgar de las causas y efectos*². No obstante estas formalizaciones, Hume insistía en que sólo se perciben secuencias de eventos asociados en el tiempo, pero no las *causas* que lo originan. Para él, las causas no son

perceptibles, sólo somos capaces de distinguir las asociaciones. La expectativa de que un suceso sigue a otro no se encuentra en los objetos mismos, sino en nuestras conciencias. Y la expectativa es una consecuencia del hábito. Gaarder (1998) lo ejemplifica con la abierta y desprejuiciada mentalidad de un niño. Para un infante no sería demasiada sorpresa si al colisionar una bola de billar **A** con otra bola **B**, ésta última quedara inmóvil; tampoco le asombraría si el adulto que golpeó la bola se pusiera a flotar de alegría por la habitación. Pero a un adulto todo esto le resultaría muy sospechoso, porque su percepción anterior, y por lo tanto su idea preconcebida, le condiciona a la expectativa de que la bola B debe moverse y que a las personas les está vedada, físicamente, la flotabilidad aérea.

Según Dent, (2002) la asociación de secuencias de sucesos como relaciones causales ha sido expandida hasta la proposición de la siguiente formulación: si **X** causa **Y**, la secuencia es consistente con la teoría propuesta, y si la teoría ha explicado otros fenómenos, entonces la teoría provee sustentación para la aserción de que **X** causa **Y**. Aún más, Hume reconoce que sus reglas “son muy fáciles de encontrar, pero muy difíciles de aplicar... porque en la naturaleza hay tan sólo fenómenos *complejos** (¡!) y modificados por tantas circunstancias, que para llegar al punto decisivo debemos separar cuidadosamente lo que es superfluo e inquirir por nuevos experimentos...”. Notable, muy notable en realidad, la aceptación de lo incongruente y lo complejo en la naturaleza en plena apoteosis del mecanicismo perfeccionista y el reduccionismo a ultranza del Renacimiento y del Siglo de las Luces. El propio Einstein no mostró remilgos en expresar su admiración por el pensamiento humeiano: “Hume comprobó que los conceptos que debemos considerar básicos, como por ejemplo, la conexión causal, no pueden obtenerse a partir del material que nos proporcionan los sentidos. Esta idea lo llevó a una actitud escéptica frente a cualquier tipo de conocimiento. Al leer los libros de Hume causa asombro que muchos filósofos posteriores a él, a veces filósofos muy estimados,

*Énfasis y admiración nuestros.

hayan sido capaces de escribir tantas cosas oscuras e intrincadas y hasta hallar lectores agradecidos. Hume ha influido de manera permanente en la evolución de los mejores filósofos que le siguieron”.

Immanuel Kant (1724-1804), reconoció en la causalidad una categoría *a priori* y, en consecuencia, el observador humano es totalmente incapaz de concebir fenómenos que no accionen dentro de la relación de causa-efecto; razonamiento similar a las concepciones de Hume. Según Kant, existen dos cosas que contribuyen a cómo las personas perciben el mundo. Una son las condiciones exteriores, de las cuales no podemos saber nada hasta que las percibimos. Ello sería el *material* del conocimiento. La segunda son las condiciones internas del mismo ser humano, nuestra percepción de todo como sucesos en el tiempo y en el espacio y además como procesos que siguen una ley causal inquebrantable. Esto sería la *forma* del conocimiento. Para este filósofo la causalidad es omnipresente, “la existencia de ciertas cosas, o incluso hasta sólo de ciertas formas de las cosas...es sólo posible por medio de algo más como su causa”. De nuevo, las causas son sólo posibles como externas al sistema, según las había consagrado, no sólo Aristóteles, sino el mecanicismo racional y empírico de Descartes y Newton.

Sin embargo, y al igual que Aristóteles, Kant se vio afrontando una paradoja, al reconocer que los objetos poseían dos tipos de finalidad objetiva, una de ellas relativa y la otra intrínseca. La relativa tenía que ver con relaciones externas, de adaptabilidad; pero la intrínseca poseía una índole peculiar, pues “era a la vez causa y efecto de sí misma”. Kant ejemplificaba esta idea con un árbol: “en el género, ahora como efecto, ahora como causa, continuamente generado desde sí mismo y del mismo modo generándose a sí mismo, se preserva a sí mismo genéricamente”. De este modo, el árbol se desarrollaba a sí mismo “por medio de un material el cual es...su propio producto”. Respecto a un organismo, “sus partes, tanto como su existencia y forma, son sólo posibles por su relación con el todo”. En la cosmovisión Kantiana, los seres vivos no eran un mero ensamblaje mecánico, según propugnaba Descartes, sino componentes que conformaban una unidad sistémica,

con propiedades holísticas, y no un mero epifenómeno, según concebía Aristóteles.

Kant alegaba: “En una máquina las partes sólo existen unas para las otras, en el sentido de apoyarse mutuamente dentro de un todo funcional, mientras en un organismo, las partes existen además por medio de las otras, en el sentido de producirse entre sí.” En otro apartado de su obra *Crítica a la Razón (pura)*, consignó este original razonamiento: “Debemos ver cada parte como un órgano que produce las otras partes -de modo que cada una produce recíprocamente las otras- ...debido a esto, (el organismo), será a la vez un ser organizado y autoorganizador”. Así, este pensador se convirtió en el primer filósofo en utilizar el término *autoorganización* para definir la naturaleza de los organismos vivos, además de emplearlo en el mismo sentido que el contemporáneo concepto de autoorganización como *autopoiesis* (que se discutirá en el capítulo siguiente). Kant adujo “en tanto que los seres vivientes son a la vez producidos por, y en turno, producen el todo, cada parte existe en virtud de la agencia de las otras y del todo, y a su vez existe por el sentido de las otras y del todo....Sólo bajo estas condiciones y sobre estos términos puede un producto tal ser una entidad organizada y auto-organizada y, como tal, ser llamada una finalidad física”.

Aunque no lo plasmó de manera explícita, Kant, de hecho, estaba reconociendo la *causa final* en la biología, pues el *telos* de los organismos es la producción de sí mismos. Los organismos son, al mismo tiempo, medio y finalidad de sí mismos y para sí mismos, embebidos en un contexto de otros, cada uno de ellos para sí. Como la causalidad autoorganizativa intrínseca de los organismos violentaba la sacrosanta causalidad externa, Kant aceptó que la autoorganización de la naturaleza “no tiene nada análogo a cualquier causalidad conocida por nosotros”. En esos momentos, salvo para la inteligencia estupefacta de Kant, esta notabilísima observación no tuvo mayores consecuencias. El universo seguía moviéndose con precisión de mecanismo de relojería y la humanidad estaba muy contenta con ello. Pero la evidencia era palpable; o la autoorganización era fenomenológicamente imposible, o existía una “otra” causalidad.

El ecléctico y progresista pensador británico John Stuart Mill (1806-1873) dedicó una parte de sus reflexiones al tópico de la causalidad. En su opinión, uno de los problemas más importantes en la ciencia era el demostrar relaciones causales. De manera similar a Hume, discernía que la causalidad no era otra cosa sino la conjunción secuencial de dos eventos; pero se percató que no todas las secuencias repetitivas de eventos tenían relación causal. Por ejemplo, el día no es la causa de la noche o viceversa, a pesar de constituir la más inalterable secuencia conjunta de eventos que haya podido comprobar el ser humano, además de la vida y la muerte, las cuales tampoco son consecuencias causales una de la otra. Ni tampoco otras secuencias, menos drásticas, pero igual de cotidianas, como la secuencia relámpago-trueno o el “efecto placebo” de curación, cuya causa son medicinas espúreas, pero la curación en realidad es el resultado de una red multicausal autoorganizada de procesos psíquicos y fisiológicos.

Mill distinguió entre dos tipos de secuencias de eventos: las causales y las accidentales. Las causales eran tanto invariables como incondicionales, las accidentales sólo invariables. La incondicionalidad la definió como la obediencia a las leyes más generales de la naturaleza. La sucesión día-noche es accidental o no causal, porque depende de muchas contingencias; la ausencia o presencia de cualquiera de ellas no viola ninguna ley general de la naturaleza. Mill propuso “cinco cánones de la inducción”, los cuales están estructurados básicamente para percibir relaciones causales, otorgándole especial importancia al canon II (Pérez, 2000).

- I) Buscar conjunciones frecuentes de antecedentes y consecuencias.
- II) Entre las anteriores, buscar cuando la ausencia de una consecuencia es acompañada de la ausencia de un mismo antecedente.
- III) Buscar proporcionalidad entre antecedente y su consecuencia...
- IV) ...aun en los casos de acción directa y sin variaciones cuantitativas.
- V) Buscar si la inversión de la consecuencia sigue a la inversión del antecedente.

El austríaco Ludwig Wittgenstein (1889-1951) expuso que la ley de la

causalidad no era una ley, sino la forma de una ley. El principio de “todo evento tiene su causa”, ni es empírico, ni se deriva de la naturaleza, porque dos episodios del mismo evento que ocurran en momentos distintos siempre difieren entre sí en algo; por lo tanto, siempre deberían invocarse factores causales distintos para explicar tales diferencias. La conclusión, según Pérez (2000), es que el principio de causalidad se reduce a una de las convenciones seguidas para hablar de la realidad; de ninguna manera implica que la naturaleza sea, realmente, causal. En conclusión, la contemporaneidad heredó una causalidad mutilada y reducida a la causalidad eficiente externa al sistema, y los sistemas considerados subproductos epifenoménicos, sin posibilidades de autocausación y separados, no embebidos, en su ambiente (Juarrero, 1999).

“ADQUISICIÓN” DEL CONOCIMIENTO EN LA GRECIA CLÁSICA: INDUCCIÓN Y DEDUCCIÓN SILOGÍSTICA

Platón (427-347 AC) de Atenas, tenía 29 años cuando ejecutan a su idolatrado Maestro, Sócrates. Prácticamente, todo lo que se conoce de este último es a través de los diálogos escritos de Platón, donde Sócrates es el principal interlocutor. De manera que no sabemos con certeza cuanto aportó la imaginación platónica (evidentemente ubérrima) al real pensamiento socrático. Se dice que el pensamiento de Platón estuvo muy influido por los pitagóricos. Se asocia a esta cofradía con mucho de misterio y mística.³ Al margen de sus trascendentales aportes a las matemáticas y la geometría, los pitagóricos afirmaban que los números tienen una corporeidad sustancial en las cosas, y que todo en el universo está materializado por, y traducible en, expresiones de los números. No por gusto Platón afirmaba que la perfección de las cosas se hallaba en las proporciones de las figuras geométricas. Platón fundó su propia escuela de filosofía, la *Academia*, construida en una arboleda consagrada a un

héroe mitológico griego, Academo, la cual estaba en las afueras de Atenas. En este enclave, más que *enseñar*, se dialogaba, siguiendo la tradición socrática, acerca de filosofía y matemáticas, y además se practicaba gimnasia. Pero su mayor importancia consistió en dedicar por primera vez un recinto para llevar a cabo una vida intelectual colectiva.

Platón estaba de acuerdo que en el mundo material todo fluye; pero detrás de cada objeto real existía un molde o forma, un mundo de formas perfectas, trascendentales, encarnado en formas imperfectas y fluyentes. El mundo real era como una caverna en las sombras, mientras en el exterior de la caverna moraban las formas o *ideas* luminosas y perfectas. Estas ideas no lo eran en el sentido usual del término, sino en el sentido de formas universales y fijas. El conocimiento consistía en acercarse a la percepción de estas ideas. Por ello hoy día aún persiste la opinión de *adquisición de conocimiento*, porque el conocimiento se encuentra allí, dado metafísicamente en los objetos o procesos en su forma pura. Para Platón, el conocimiento se alcanzaba a través de la razón pura (*episteme*); las percepciones sensoriales siempre eran engañosas. Como buen pitagórico, Platón le concedía gran importancia a las matemáticas y a la geometría, por su relación con cantidades absolutas y formas perfectas. Pero estas disciplinas por sí mismas no eran suficientes; porque las cantidades exactas y las formas puras no estaban justificadas de manera racional o epistémica. Por ello, Platón propuso un método, la *dialéctica*, que consistía en una discusión racional sobre un concepto hasta llegar a un consenso.

El método de Platón no tenía nada que ver con observaciones o experimentación, sino con un consenso puramente racional. El conocimiento empírico era inseguro, sólo *hipotético*; el conocimiento seguro era alcanzable exclusivamente a través de la razón. De hecho, Platón inventó la *inducción racional* para *adquirir* un conocimiento seguro. Por citar un caso, para llegar al concepto general de belleza, se tomaba un ejemplo particular de lo que era considerado bello: un esclavo varón, adolescente y hermoso (esos griegos). Se reunía un grupo de esclavos con tales características, se llegaba a un consenso de lo que todos tenían en

común, y se tenía una aproximación del ideal de la belleza. La inducción llegaba al conocimiento o idea a través de consensuar las ideas particulares en una idea general.

Le corresponde a Aristóteles el perfeccionamiento de métodos y vías para la búsqueda de explicaciones. Aristóteles nació en Macedonia, y llegó a la Academia de Platón cuando éste tenía 61 años. El macedónico era un adolescente y fue alumno de Platón durante 20 años más. Para muchos, Aristóteles es el pensador más colosal que haya dado la humanidad. Su filosofía fue de ruptura, de un empirismo minucioso y materialista. Fundó una filosofía basada en un cuerpo coherente de teorías, y formalizó preceptos y procedimientos en los campos de la lógica, la ética, la poesía y la literatura, mientras en el campo de las ciencias naturales, en especial sobre zoología, escribió varios tratados detallados, donde propuso esquemas clasificatorios. Indiscutiblemente, fue el primer gran biólogo de la cultura occidental, a la vez que el fundador del lenguaje profesional de diversas disciplinas. Sus escritos en este campo no eran nada retóricos, sino áridos y objetivos.

En una de sus cartas, Darwin confiesa: “Linneo y Cuvier han sido mis dos dioses, aunque en muy distinta manera; sin embargo, no son más que discípulos del viejo Aristóteles”. Por su parte, Stocks (1999) declara, “no hay autor (Aristóteles) que haya escrito con mayor escrúpulo por la exactitud o con mayor rigor y consistencia”. Por supuesto, ello no implica que, al menos en el campo de la biología, las conclusiones y razonamientos de Aristóteles fueran particularmente acertados. Todo lo contrario. Aristóteles incursionaba en el campo de la biología mediado por sus concepciones teleológicas y funcionalistas. El filósofo era un “habitante” de sus propios paradigmas. Sin embargo, mucho del discurso darwinista y neodarwinista contemporáneo, mucho de lo que se aduce en discursos centrados en la función de los genes y en la biogeografía son básicamente teleológicos y función-dependientes y, por consiguiente, netamente aristotélicos.

Después de terminar su labor como preceptor del gran conquistador macedónico, Alejandro, regresa Aristóteles a Atenas, donde funda su propia escuela, el *Liceum*. Siguiendo la tradición socrática y platónica, las enseñanzas se

desarrollaban básicamente a través de diálogos animados entre discípulos y maestros, mientras caminaban por los jardines del recinto, lo que les valió el nombre de *peripatéticos*. En el Liceum se rendía culto a las nueve Musas; por este motivo celebraban el último día de cada mes un *Simposio* (banquete), presidido por un miembro diferente en cada ocasión, llamado *Decano* (el presidente más las nueve Musas sumaban 10). Para Platón, el *Simposio* representaba la residencia de la comprensión de sus ideas o formas; en fin, que Simposio era algo así como el *banquete de las ideas*.

De manera contrastante, Aristóteles tenía una visión más restringida y mutilante de la sociedad y la mujer (al parecer fue un misógino empedernido) que sus ilustres predecesores*. Su Maestro Platón afirmaba que hombres y mujeres tenían igual capacidad para razonar, siempre y cuando las féminas recibieran la misma educación y fueran liberadas de las cargas domésticas. En uno de sus diálogos es una mujer, Diótima, la que disemina las enseñanzas filosóficas, mientras en el diálogo *Las Leyes*, consigna que un Estado que no educa ni entrena a sus mujeres es como un ser humano que sólo hace ejercicios con el brazo derecho. Por el contrario, Aristóteles aseguraba que la plena excelencia de la moral o virtud sólo podía ser alcanzada por el varón adulto y maduro, perteneciente, además, a la clase alta, mientras le estaba vedada a las mujeres, niños, “bárbaros” (no griegos) o “mecánicos” asalariados, quienes eran los trabajadores manuales, a los que, en adición, les negaba el derecho al voto. Por suerte, aunque aprobaba la esclavitud, sugería la moderación de la autoridad de los amos.

Además de la explicación causal, Aristóteles reconoce la complejidad de cosas en la naturaleza, acerca de la cual reflexionó: “Está también la complejidad, que si bien no es parte de la forma y no figura en la definición, sigue de la forma y pertenece como propia, necesariamente, a todas las cosas que la comprenden. Es tarea de la ciencia estudiar la complejidad por medio del método llamado

* De hecho, no poca de la filosofía de Platón y Aristóteles representan un “retroceso” en relación con la cosmovisión general de los filósofos presocráticos, la cual contenía elementos más dialécticos, relacionales y materialistas.

demostración. La forma de la demostración es el silogismo demostrativo”. Un silogismo es un enunciado con dos premisas o proposiciones y una conclusión unidas en forma de inferencia e implicación. La conclusión es deducida de la premisa mayor a través de la premisa menor. El silogismo más famoso, adjudicado al gran filósofo, es el siguiente: *Todos los hombres son mortales/Sócrates es un hombre/Sócrates es mortal*. El silogismo representa el método *deductivo* de razonamiento; pertenece a la *episteme*: es el razonamiento que transcurre de lo más general, la *esencia* de un grupo de fenómenos, a lo particular fenoménico, instanciado de esa esencia. Para Aristóteles, el objetivo del conocimiento científico era definir las esencias universales, “porque es el elemento esencial lo que hace realidad en un sentido superior a lo que es meramente particular”. *

El silogismo era para Aristóteles el instrumento del conocimiento apodíctico (*apodeiktikos*), representativo del conocimiento verdadero, absoluto, porque está basado en una derivación lógica y necesaria de premisas universales, auténticas e indemostrables en sí mismas; pero la *episteme* no es capaz de explicar lo contingente, lo accidental o lo individual. Con la deducción silogística nos percatamos de inmediato de una limitación grave. En el silogismo anterior se obtuvo una inferencia lógica, congruente con la realidad ontológica; pero en el siguiente ejemplo: *Todos los mamíferos son cuadrúpedos/Todos los humanos son mamíferos/Todos los humanos son cuadrúpedos*, la deducción es impecable, pero errada, porque la premisa mayor, al menos en parte, es falsa, y la inferencia es absurda. Es obvio que algo correctamente *deducido* no siempre se encuentra correctamente *explicado* desde el punto de vista

* La estructura de este silogismo, cuyo nombre es Bárbara, es la de la afirmación de la premisa mayor. En el criterio de Bateson (1989) dicho silogismo afirma algo como miembro de una clase. Es un silogismo de clases de sujetos de esas clases. Bateson propone otro silogismo, al cual denomina Hierba, basado en la afirmación de la premisa menor: la hierba muere/los hombres mueren/ los hombres son hierba. Su sintaxis sería: $S1 + P/S2 + P/S2 + S1$, o *Todos los A son B/ Todos los C son B/Todos los C son A*. Este silogismo es una metáfora, una metáfora de predicados. Lo que muere es igual a aquella otra cosa que muere. Es un silogismo de homología, de predicados compartidos. Según Bateson, este silogismo adopta la lógica sobre la cual se ha construido el mundo biológico, la homología.

ontológico. En la construcción de un silogismo, el sujeto de la premisa primera o mayor (S1), constituye el predicado (P) en la premisa segunda o menor (S2). La implicación comprende el sujeto de la premisa menor y el predicado de la mayor. Así, su sintaxis es como sigue: S1 + P/S2 + S1/ S2 + P; o también: Todos los A son B/Todos los C son A/Todos los C son B.

Un silogismo es también un vehículo para la definición de algo por la vía deductiva. Representa, de igual modo, la definición de una especie por su instanciación de la esencia genérica, de la cual la especie es una instancia específica, particular. Un par de siglos después de Aristóteles, Crisipo enunció cinco tipos diferentes de silogismos, llamados hipotéticos, de los cuales consignamos dos, porque son los de mayor uso, ya bien sea éste uso consciente o inconsciente.

- Si p implica q , y p es cierta, entonces q es cierta. Este silogismo se conoce como *modus ponens* o modo verificacionista. Este es el tipo de hipótesis deductiva más extendida en la ciencia.
- Si p implica q , y q es falsa, entonces p es falsa. Este es el llamado *modus tollens*, que significa “forma de eliminar”, o modo refutacionista o falsacionista.

Este es el modelo deductivo que, gracias a Karl Popper, se ha impuesto en la mentalidad de muchos indagadores. Sobre ambos modos y de Popper comentaremos más adelante. Pérez (2000) señala otro silogismo común, conocido como “la falacia de afirmar la consecuencia”, y su sintaxis es la siguiente: Si p implica q , y q es cierto, entonces p también es cierto. Este razonamiento es conocido como tautología o razonamiento circular; es un sistema autocontenido, por lo tanto es siempre cierto por necesidad lógica. Constituye una tendencia muy extendida en cualquier tipo de razonamiento.

Aristóteles propuso una formalización de la deducción. Primero que todo, las premisas debían ser ciertas; segundo, deberían ser indemostrables; tercero, deberían ser mejor conocidas que la conclusión; y por último, deberían ser las *causas* de las inferencias explícitas en la conclusión. La razón por la cual las premisas

mayores debían ser indemostrables, es que ellas señalaban las leyes generales, las *esencias*, que constituían las bases para toda explicación subsiguiente. Por eso era la necesidad de no demostración, para evitar caer en una regresión infinita de explicaciones al efecto de cada premisa y del antecedente de cada premisa. Cada una de las proposiciones mayores representaba un conocimiento ya aceptado. Se suponía que dichas leyes se habían inferido a través de la práctica empírica. Este es un ejemplo de las consecuencias del pensamiento lineal, la necesidad de buscar causas y efectos directos de los eventos, lo cual degenera en una secuencia sin fin de pesquisas inútiles.

Aristóteles se percataba que lo meramente epistémico, lo deductivo, no era adecuado para explicar aspectos de la conducta humana y mucha de la práctica social, cómo la ética, la construcción de leyes y las aplicaciones en la medicina. Al conocimiento y explicaciones derivados de esta praxis le llamó *phronesis* o “sabiduría práctica”. Las explicaciones en estos campos eran *pros ton kairon* (según la ocasión amerite). Para Juarrero (1999), la *phronesis*, cómo debe ser adecuada al tópico en cuestión, representa un razonamiento contextualmente embebido y, por lo tanto, tiene tanto de legítimo como la razón universal o *episteme*. Se reconoce también un tercer tipo de razonamiento, emergencia o convergencia de razonamiento puro, intuición y práctica; la *serendipia*, que ilumina en la mente del indagador la explicación de un problema cuando, en realidad, está ocupado en la praxis de otros. Es una manifestación de la complejidad de nuestra mente, semejante a una red de redes donde destellan al unísono muchos nodos; no obstante, en ocasiones unos destellos, tal vez más alejados del grupo más activo en ese momento, se tornan más intensos, y la mente humana se expande al transitar por nuevos caminos.

De acuerdo con Pérez (2000), Platón y Aristóteles se hicieron muchas de las preguntas más importantes que todavía hoy nos planteamos. Su gran mérito reside en haberlas formulado, si se compara su sociedad con la actual, con muchísima menos información objetiva sobre el mundo y sin la sinergia intelectual que existe hoy día, estimulada por el desarrollo social, científico y educacional. En sentido

general, reconoce Pérez, sus respuestas fueron magníficas en su generalidad, y aún después de más de 2 500 años su legado continúa siendo un marco obligado de referencias para cualquier tipo de reflexión relacionada con estos temas. Un párrafo más abajo, Pérez acota algunas reflexiones interesantes. Platón y Aristóteles, subraya, se refirieron a problemas que aún no hemos resuelto y que (cómo todos los problemas genuinamente filosóficos) probablemente no tengan solución. La filosofía- según Pérez- ha sido declarada como la disciplina académica más apta para identificar y definir sus problemas, y al mismo tiempo la más impotente para resolverlos. También se ha dicho que la filosofía es el basurero de los problemas insolubles del hombre. Sin embargo -se regocija este médico mexicano- ello supone la existencia de otros problemas que el ser humano sí puede resolver.

Platón lega una cosmovisión dualista; por un lado, un mundo perfecto y trascendente, el de las ideas, y por el otro, un mundo inconsecuente, el de la caverna terrenal. Por el contrario, Aristóteles nos lega la confianza en los sentidos y la experimentación. Ambos, junto con Sócrates y otros filósofos, transmitieron la convicción de la posibilidad y aun de la *necesidad* de alcanzar el perfeccionamiento del ser humano a través del conocimiento y otras virtudes, como el comportamiento ético y civil. El ser humano como centro privilegiado continuó siendo una tradición en la cultura romana. El elocuente Cicerón (106-43 AC) declaró su consideración del humanismo, poniendo en el centro del universo a los seres humanos, al individuo y a su dignidad. Más adelante, el célebre estoico* Séneca (4 AC-65 DC) consignaba “el ser humano es para el ser humano algo sagrado”.

* *El estoicismo fue fundado por Zenón de Citios (300 BC). El término viene de stoa, que significa pórtico. Zenón solía reunirse a filosofar con sus alumnos bajo los pórticos. Al contrario de la filosofía de Platón, dualista en esencia, los estoicos tenían una cosmovisión unificadora; los seres humanos y la naturaleza, el universo, eran parte de un mismo principio o razón universal, el logos.*

EL DOMINIO DE LA SIMPLICIDAD.

La Edad Media hizo una inversión de esta cosmovisión, al absolutizar a Dios y aplastar las aspiraciones individuales de las grandes masas de seres humanos. Al respecto, Morente (2000) opina:

“Cuando en el siglo XVI el espíritu comienza a desligarse de los estrechos lazos que lo tenían opreso, ésta liberación aparece como un descubrimiento del hombre por el hombre. La conciencia individual es el más grande invento del nuevo modo de pensar. Y todo en la ciencia, en el arte, en la sensibilidad renacentista se orienta hacia esa exaltación de la subjetividad del hombre. El criterio de autoridad abandona su puesto a la convicción íntima basada en la evidencia. Las oscuras entidades metafísicas se deshacen en la clara sucesión de razones matemáticas. La desconfianza, el odio hacia la naturaleza, son sustituidos por una optimista y alegre visión de las infinitas bondades que moran en el impulso espontáneo, en el directo hacer de las cosas. El universo es como un libro en donde está escrita la verdad suprema. Y para entender la lengua en que está compuesto, no hace falta más que la razón misma del hombre, la matemática aplicada a la experiencia. Así, pues, por una parte, la exigencia máxima del espíritu científico es, en el Renacimiento, la claridad evidente de la razón individual; por otra parte, la solidez de la *nuova scienza* proviene ante todo de su carácter matemático y experimental; en fin, la fuente purísima de todo valor, especulativo y práctico, se encuentra ahora en el sujeto, en la interioridad de la reflexión personal creadora. Todos estos nuevos anhelos, esa nueva sensibilidad teórica y moral, imponen nuevos rumbos al pensamiento filosófico...”

La Edad Media, para los efectos de la configuración de la *via magna* de la ciencia, tuvo poco que decir, aunque no fue una época vacía de pensadores brillantes y abnegados. Como enfatiza Friedrich Engels (1820-1895)* “La Edad Media era

* “*Ludwig Feuerbach y el Fin de la Filosofía Clásica Alemana*”

considerada como una simple interrupción de la historia por un estado milenario de barbarie general; los grandes progresos de la Edad Media, la expansión del campo cultural europeo, las grandes naciones de fuerte vitalidad que habían ido formándose unas juntas a las otras durante este período y finalmente, los enormes progresos técnicos de los siglos XIV y XV: nada de esto se veía”.

Los principios de la ciencia moderna se construyeron con raíces en los pensadores griegos, pero con el molde y la argamasa de los filósofos y científicos que vivieron entre los siglos XVII y XVIII. El rescate de la obra de los clásicos fue posible gracias al empeño de algunos doctos cristianos y árabes. No es posible ignorar la obra de San Agustín de Numidia (354-430), quién concilió la filosofía de Platón con las sagradas escrituras, sobre la base de una analogía entre las ideas o formas de Platón con las ideas preconcebidas en la mente de Dios antes de crear al mundo. Además, Platón le daba primacía al mundo ideal, del “más allá” de la oscura caverna terrenal, lo cual era muy congruente con las doctrinas eclesiásticas.

Por su lado, el teólogo italiano Santo Tomás de Aquino (1225-1274) trabajó en ese mismo sentido, pero con Aristóteles. Antes de Aquino, el sabio hispano-árabe, nacido en Córdoba, Averroes (1126-1198), rescató el pensamiento aristotélico para el occidente medieval. Promulgó que la verdad puede ser revelada por igual a través de la filosofía y de la teología. También defendió la idea aristotélica del empirismo, del conocimiento por mediación de la experiencia sensual. Tomás de Aquino sugirió que filosofía y revelación divina podían y debían ser compatibles y complementarias. Lo material era cognoscible a través de la experiencia; otras verdades sólo eran dables mediante la doctrina sacra. Aquino abrió un sendero para que brillase un poco de luz en medio de las tinieblas de la intolerancia y potenció el avance del conocimiento al lograr su oficialidad, aún dentro de estrechos márgenes. Tomás fue canonizado por el papa Juan XXII en 1323 y proclamado Doctor de la Iglesia por el Papa Pío V en 1567. Su obra sigue considerándose fundamental para la Iglesia católica. El Papa León XIII recomendó la filosofía de Santo Tomás como base de la enseñanza en todas las escuelas católicas, mientras el Papa Pío XII, en 1950, promulgaba que la filosofía tomista era la guía más segura para la doctrina

católica, desaprobando cualquier desviación de tal filosofía.

Es posible tomar la obra del pensador italiano **Galileo Galilei** (1564-1642) como punto de partida del legado de la cultura moderna occidental. Unos lo consideran el primer científico de la modernidad clásica, mientras otros lo señalan como el último de los grandes pensadores típicamente medievales. Galileo fue uno de los pioneros en criticar la rigidez escolástica de la aceptación a ultranza del pensamiento de Aristóteles. El sabio italiano excluyó la cualidad de los análisis y restringió estos al estudio de los fenómenos que pudieran ser medidos y cuantificados. En otras palabras, Galileo matematizó la ciencia: “lo que no sea posible de medir, hazlo medible”. En una de sus obras, expresó: “Está escrito el universo- en el idioma de las matemáticas y sus signos son triángulos, círculos y otras figuras geométricas, sin las cuales es humanamente imposible entender una sola palabra; sin ellas, uno camina a través de un oscuro laberinto”. En otra ocasión afirma “es común el experimento- y necesario en las ciencias que aplican demostraciones matemáticas a sus conclusiones físicas.... La naturaleza está escrita en un gran libro siempre abierto ante nuestros ojos”. Y aquí se refleja otro gran aporte de la modernidad, la experimentación por encima de todo cómo criterio de certeza. Por ello, ya es posible considerar a Galileo como un *científico* moderno.

Galileo se ganó la ojeriza de la Iglesia, entre otras cosas porque, al enfilar su telescopio de 20 aumentos hacia la Luna y otros cuerpos celestes, descubrió que no eran esferas celestiales perfectas, según preconizaba el legado del pensamiento de Aristóteles y Platón, sino mundos cómo la Tierra, con cráteres y relieves. Galileo acogió y desarrolló la teoría de Copérnico (1473-1543), acerca que la Tierra y todos los planetas conocidos giraban en torno al sol, y no aquellos alrededor de una Tierra estacionaria, según promulgaba Aristóteles. Otro mérito corajudo del sabio fue plantear que las verdades de las Santas Escrituras no deberían interferir con las interpretaciones de la ciencia, “La Biblia enseña cómo ir al cielo, no cómo van los cielos”.

Galileo se anticipó a su tiempo, pues como reconoce Feyerabend (1974), introdujo un nuevo lenguaje observacional: el relativismo, al reflexionar de la

siguiente manera: “El movimiento, en tanto que es y actúa como movimiento, existe con relación a las cosas que carecen de él; y no actúa y es como si no existiese entre cosas que comparten simultáneamente todo movimiento” y... “nos damos cuenta, finalmente, que todos los sucesos terrestres, sobre cuya base se sostiene de ordinario que la Tierra está quieta y que el sol y las estrellas fijas se mueven, nos parecerían exactamente idénticos si fuese la Tierra la que se moviese y el sol y las estrellas quienes permanecieran quietos”.

Galileo fue un aplicador del llamado *modus ponens* o verificacionista, repitiendo observaciones que corroboraran sus razonamientos. Este discurrir es muy exitoso cuando se aplica a problemas cuya solución es fácilmente matematizable y lineal; pero sobre todo si se asumen una serie de condiciones ideales. Los experimentos no pueden refutar estos tipos de análisis; siempre los corroboran. Galileo diseñaba experimentos para demostrar que la naturaleza estaba de acuerdo con sus cálculos. Por otra parte, sus famosos ensayos de caída libre de cuerpos desde la Torre de Pisa, refutaron la aceptada noción aristotélica de que la velocidad de caída era proporcional al peso de los cuerpos. Galileo señaló acertadamente, a las diferencias en velocidad y tiempo de caída de algunos cuerpos más livianos, el efecto de la fricción con el aire. La comprobación absoluta de las hipótesis mediante la repetición y la corroboración de lo cuantificable, como criterio de objetividad en la búsqueda de certeza y explicación, continúa estando muy extendida. Con Galileo también comienzan a afianzarse algunas mutilaciones del pensamiento clásico, de su vocación más holística, según ilustra Feyerabend (1974) “El procedimiento de Galileo reduce drásticamente el contenido de la dinámica: la dinámica aristotélica era una dinámica del cambio, que comprendía el movimiento local, el cambio cualitativo, el cambio cuantitativo, y el cambio de la sustancia (generación y corrupción). La dinámica de Galileo y de sus sucesores se interesa sólo por la locomoción”.

Galileo fue acusado de hereje. Indignado, osó redactar una extensa carta donde expuso la irrelevancia de las sagradas escrituras respecto al razonamiento científico, y que la Biblia debería ir adaptándose a los nuevos conocimientos. La

Iglesia terminó censurando oficialmente los libros de Copérnico, inspiradores de Galileo. El mucho más tolerante Cardenal Roberto Belarmino, le concedió a Galileo una licencia que le permitía continuar su trabajo, siempre y cuando no hiciera alusión a las ideas del osado polaco. No obstante, Galileo continuó haciéndose sospechoso ante el Santo Oficio, por el cual fue convocado a Roma para celebrarle juicio. Gracias a la licencia otorgada por el Cardenal, el obstinado y valiente sabio salvó su vida, pero no le quedó más alternativa que hacer concesiones. En transacción por su vida, hubo de admitir a la Tierra cómo el centro del universo. No obstante, se dice que murmuró por lo bajo, *epur se mouve* !

El sabio fue condenado a prisión perpetua, pero la pena se le conmutó por confinamiento domiciliario. Algunas de sus obras fueron quemadas y su sentencia fue leída en muchas universidades, para desalentar el seguimiento de sus ideas. Además, le impusieron la aburrida y estafalaria sanción de recitar varios salmos al día durante tres años. Ello le hizo emerger como mártir de la libertad de pensamiento y de la dedicación a una de las más nobles causas: la iluminación del espíritu humano, a pesar de lo adversa que puedan ser las circunstancias. En adición al legado de su obra y espíritu, de Galileo también se conserva, en el Museo de Historia de la Ciencia, Florencia, el dedo medio de su mano derecha.

El coloso intelectual **René Descartes** (1596-1650), de origen belga, es generalmente considerado el fundador de la filosofía moderna. Fue el primer pensador, de elevada estatura filosófica, que acogió las ideas nuevas de la física y de la astronomía e instauró un cuerpo de filosofía *de novo*, fenómeno inédito desde Aristóteles. Descartes estudia en una compañía de jesuitas, celosa de conservar el pensamiento de Aristóteles, según refleja una de sus ordenanzas: “Cuiden muy bien los maestros de no apartarse de Aristóteles, a no ser en lo que haya de contrario a la fe o a las doctrinas universalmente recibidas... Nada se defienda ni se enseñe que sea contrario, distinto o poco favorable a la fe, tanto en filosofía como en teología. Nada se defienda que vaya contra los axiomas recibidos por los filósofos, como son que sólo hay cuatro géneros de causas, que sólo hay cuatro elementos”, etc. El forzado

discípulo jesuita no podía pensar de manera más discrepante, según se trasluce en un pasaje de su *Discurso del Método*: “*Las ciencias no son más que la inteligencia humana, que es siempre una y siempre la misma, por grande que sea la diversidad de su objeto, como la luz del sol es una, por múltiples y varias que sean las cosas que ilumina. Ninguna limitación debe imponerse al espíritu. ...el conocimiento de una verdad, lejos de ser un obstáculo, nos ayuda para poder descubrir otra*”.

Para Descartes, la gran limitación en la lógica de Aristóteles era su incapacidad de creatividad. El silogismo no podía ser método de descubrimiento, puesto que las premisas -so pena de ser falsas- debían contener ya la conclusión. El silogismo establece una proposición para llegar a una conclusión deductiva, que no sabemos si es cierta; es decir no sabemos si es realmente lo que queremos demostrar o someter a prueba. El silogismo es pura lógica deductiva, es una realidad en un espacio abstracto, es epistemología. El silogismo no es un método de búsqueda de certeza o verdad, sino de su exposición. No es hallazgo, es demostración. Lo que buscaba Descartes eran reglas racionales; aún más, racionalizadas, para descubrir verdades, no para demostrar ideas. Descartes buscaba un *Método* paradigmático y universal de explicación; y para él, el paradigma básico es el *análisis*. Sin embargo, asevera la existencia de Dios vía silogismo: *La existencia es una perfección; Dios tiene todas las perfecciones; luego Dios tiene la existencia*.

Los principios del análisis se encontraban expuestos en el pensamiento de griegos clásicos, como Euclides. Según éste matemático, el análisis consiste en admitir aquello mismo que se trata de demostrar y, partiendo de ahí, reducir, por medio de consecuencias, la tesis a otras proposiciones ya conocidas. Al quedar planteado un problema, es preciso ante todo considerarlo en bloque y dividirlo en tantas partes como sea posible. Para Descartes, la división analítica cesaba cuando eran reconocidos elementos *simples*, que representaban verdades indiscutibles, ideas *claras* y *distintas*. Una idea es *clara* cuando está separada y conocida separadamente de las restantes ideas. Una idea es *distinta* cuando sus partes o componentes están separados unos de otros y conocidos con claridad interior. Descartes, al igual que

Platón, es un *racionalista*, pues el criterio de certeza no está dado en la sensación o la praxis, sino en la razón, a lo interno del sujeto. El filósofo le llama a estas ideas claras y distintas *naturalezas simples* (*nature simplices*). La acción de aprehender la naturaleza simple de las cosas es la *intuición*. Y la intuición es la acción fundamental del conocimiento.

El Método de Descartes debe trazar la vía de llegar a esa aprehensión de lo simple. El enlace de las intuiciones para llegar a lo simple es la *deducción*. Se pasa de una a otra verdad evidente hasta deducir lo que queremos demostrar. Primero, el análisis desmenuza la realidad compleja en elementos simples, nítidos y separables; luego, por deducción, se reensambla la realidad en toda su complejidad inicial, pero luego de *conocer*, una por una, todas las ideas claras, que son la fuente última de la verdad. En sus propias palabras: “Conocer es aprehender por intuición infalible las naturalezas simples y las relaciones entre ellas, que son, a su vez, naturalezas simples”. Esto representa el núcleo del método *reduccionista*. Además del análisis y la deducción racional de elementos simples, otro pilar fundamental de la filosofía cartesiana es el mecanicismo determinista, desbrozado de elementos ambiguos.

Al igual que los pitagóricos y Platón, Descartes estaba obsesionado por la perfección y la simplicidad de los números y las formas geométricas, al extremo de declarar “En nuestra búsqueda del camino directo a la verdad, no deberíamos ocuparnos de objetos de los que no podamos lograr una certidumbre similar a las de las demostraciones de la aritmética y la geometría”. Sobre esta base se erige el sentido de las famosas coordenadas cartesianas. Descartes razonaba que, dado el carácter tridimensional del mundo, nuestras percepciones deberían estar enmarcadas en tres coordenadas. Al estar un objeto especificado en su longitud, anchura y altura, queda disponible a su exploración matemática, a partir de la cual se podrá saber algo acerca de sus cualidades esenciales. El conocimiento era para Descartes un sistema de verdades interconectadas, capaces de ser, en última instancia, convertidas en abstracciones matemáticas. Según el filósofo, todo esto le fue revelado en una serie de sueños una noche de Noviembre de 1619. A través de

una amalgama caleidoscópica de símbolos esotéricos, percibió que el universo era a la vez racional y conectado mediante relaciones de causa-efecto. Pensó que esa concepción era por completo unificadora y aplicable a todas las ciencias.

El otro pilar básico de su pensamiento, también recordatorio de Platón, es el dualismo. Descartes postuló una división decisiva entre la *res extensa*, la realidad material, y la *res cogitans*, la realidad intelectual, la razón “pura”, el alma. La frase más conocida de Descartes, emblema del dualismo, es su famosa *cogito ergo sum* (pienso, luego soy). Esta sentencia suele ser, lo que establece lamentables confusiones, tergiversada. Gaarder (1998) considera esta expresión, no una metáfora silogística (todo lo que piensa existe; yo pienso, luego yo existo), sino un reconocimiento de la intuición pura y simple, cómo primera realidad, gracias a la cual, existe el ser. El *cogito* no es un razonamiento, sino la intuición prístina dada por Dios. Yo soy mi propia realidad pensante, intuitiva. Del *cogito* puede emanarse la comprensión de la esencia simple de la *res extensa*, de la naturaleza. Y la intuición es independiente del ser, porque es dado por la causa primera, por Dios. De hecho, Descartes creía que Dios se comunicaba con el alma a través de la glándula pineal. El cuerpo no era más que la envoltura mecánica, llena de imperfecciones, de la intuición trascendente. Así lo expone en *Meditaciones*: “por el poder divino, la mente puede existir sin el cuerpo y el cuerpo sin la mente”.

Pero escuchemos las palabras del filósofo: “Y habiendo notado que en la proposición 'yo pienso, luego soy', no hay nada que me asegure que digo verdad, sino veo muy claramente que para pensar es preciso ser, juzgué que podía admitir esta regla general: que las cosas que concebimos muy clara y distintamente son todas verdaderas; pero sólo hay alguna dificultad en notar cuáles son las que concebimos distintamente. Después de lo cual, hube de reflexionar que, puesto que yo dudaba, no era mi ser enteramente perfecto, pues veía claramente que hay más perfección en conocer que en dudar”. Como expone Gaarder, para Descartes las cosas existentes no nos son dadas en sí mismas, sino como ideas o representaciones a las cuales suponemos que corresponden realidades fuera del yo.

Pero el material del conocimiento no es nunca otro que ideas -de diferentes clases- y, por tanto, el criterio de la verdad de las ideas no puede ser extrínseco, sino debe ser interior a las ideas mismas. Las realidades externas (la *res extensa*) necesitan inferencia, demostración; pues la inteligencia conoce inmediatamente esencias, definiciones, pero no existencias, cosas exteriores. Las existencias son siempre, en el racionalismo, inferidas inmediatamente de las esencias. Para Descartes, el empirismo no es una praxis con cosas en la *res extensa*, sino una praxis exclusivamente con el propio intelecto, donde se buscan las esencias en las que van a acomodarse las cosas que existen “allá afuera”. Este filósofo afirmaba que las sensaciones son “pensamientos confusos, sólo nuestra ignorancia nos hace creer que son reales”. Como mecanicista por antonomasia, Descartes creía que los animales eran máquinas sin alma: “Estamos tan acostumbrados a persuadirnos de que las bestias brutas sienten como nosotros, que nos es difícil desembarazarnos de esa idea. Pero si estuviéramos igual de acostumbrados a ver autómatas que imitasen a la perfección todo aquello que pueden imitar de nuestras acciones, y a tomarlos sólo por autómatas, no tendríamos ninguna duda de que los animales irracionales son autómatas”. De este modo los animales vivos fueron, con la mayor de las displicencias, clavados en tablas para ilustrar lecciones de anatomía y fisiología.

Para evitar ser perseguido y acusado por la Inquisición, no se atrevió a publicar una gran obra, *Le Monde*, donde sostenía que la Tierra giraba y que el universo era infinito. Sus ideas lo tuvieron siempre en vilo a través de varios países de Europa, preocupado por posibles acusaciones ante el Santo Oficio. Al igual que Galileo, sufrió la felonía de ver quemados varios de sus libros. Buscando tranquilidad para filosofar, aceptó la invitación que le cursó en 1649 la reina Cristina de Suecia, con el fin de que ocupara el cargo de filósofo real. En Suecia fue recibido con todos los honores y el mayor de los entusiasmos. Pero Cristina, quien era una persona muy activa y ocupada, le hizo saber al filósofo que sus clases tendrían que ser a las 5:00 Am. Descartes llegó a Suecia (que tildó de “tierra de los osos, del hielo y las rocas”) en septiembre; pero era un hombre acomodado que le

gustaba levantarse a mediodía. No pudo con las clases a esa hora en pleno invierno sueco, y murió el 11 de febrero de 1650, a los 54 años de edad, como consecuencia de una neumonía complicada.

Sus restos fueron trasladados a París, y cuando un distinguido profesor se disponía a pronunciar un discurso para honrar al Maestro, arribó la contumacia jesuita para prohibir el panegírico. Los jesuitas llegaron a pedirle al Parlamento francés la proscripción de la filosofía cartesiana. Pero nada pudo impedir que las ideas básicas de este prócer: el conocimiento mediante análisis reduccionista, el mecanicismo determinista, la percepción dualista entre el yo interior y lo externo, continúen profundamente arraigados en la mentalidad colectiva contemporánea. Pero esta magna herencia no estaría plausiblemente esbozada sin referirnos a Newton.

Sir **Isaac Newton** (1642-1727) es, sin discusión, el prototipo de hombre de ciencia de la modernidad, y se considera uno de los más grandes hombres de ciencia de todos los tiempos. Siempre van a existir un *antes* y un *después* de Newton. A su actividad incansable se le deben, entre otras muchas cosas, la invención del cálculo diferencial (en este caso a la vez que Gottfried Leibniz) la descripción de naturaleza compuesta de la luz solar, de la gravitación universal y de las del movimiento mecánico. Como cualquier científico moderno que se respete, no publicaba nada hasta que los resultados no estuvieran firmemente soportados por experimentos capaces de ser repetidos y verificados, o por demostraciones matemáticas. Estableció orden donde la magia, la revelación divina o la confusión del raciocinio habían sido las únicas explicaciones disponibles, permisibles o concebibles. Hombre de su tiempo, no vaciló en dedicarle un considerable tiempo a la alquimia, lo que equivale a decir a la búsqueda de la transmutación de metales, la piedra filosofal y el elixir de la vida. También se conoce que era un experto en descifrar escrituras esotéricas y en ciencias ocultas. De manera que algunos consideran que Newton fue el “ultimo de los grandes magos”.

Newton se consideraba a sí mismo un “filósofo natural”. Contrario a Descartes, su método inductivo-deductivo no partía de la aprehensión de

intuiciones, sino se basaba en minuciosas observaciones de fenómenos particulares. Le llamaba a este método “de análisis y síntesis”. También, a diferencia de Descartes, sus raíces filosóficas eran profundamente aristotélicas. De acuerdo con Pérez (2000), para Newton el *análisis* consiste básicamente en ir de los efectos a las causas que los producen, y de las causas particulares a las más generales; mientras la *síntesis* se fundamenta en asumir las causas descubiertas y establecidas como principios, y por medio de ellas explicar los fenómenos que de ellas provienen. En buena medida, el pensamiento newtoniano descansa en la existencia del análisis de fenómenos en condiciones ideales: movimientos uniformes y continuos y con fricción ausente. Al igual que sus predecesores, Newton consideraba que el movimiento no ocurre si no inciden sobre los objetos fuerzas externas.

Newton es el heredero genial de las ideas de Galileo, Descartes, Kepler y Harvey, como confiesa en su célebre frase “He visto más lejos que los demás porque me he subido en hombros de gigantes”. El astrónomo y filósofo alemán Johannes Kepler (1571-1630) destrozó viejas reminiscencias platónicas, aristotélicas y tolemaicas, acerca de que las órbitas de los astros eran circulares, debido a la perfección cósmica, y demostró que eran “imperfectas”, o sea, elípticas; así describió el movimiento de los planetas; pero Newton subyugó al movimiento del universo y lo racionalizó a leyes impecables, pulcras y deterministas. El médico inglés William Harvey (1578-1657) reconstituyó los anquilosados e irreales esquemas de Galeno sobre anatomía, comparó a la circulación con un sistema hidráulico, y al corazón con una bomba. El gran Descartes hizo de los organismos poco más que marionetas mecánicas; pero es con Newton que el mecanicismo y el determinismo se subliman. Newton hace capaz al ser humano de dialogar con Dios mismo, a descifrar su obra en un lenguaje matemático, físico y lógico, para visualizar el funcionamiento de los mecanismos universales y sus relaciones de causa-efecto.

Con Newton, todos los procesos son reversibles, lineales y deterministas y las mejores explicaciones son las más simples. Vale la pena consignar algunas de las “reglas para razonar en filosofía”, plasmadas en la obra homónima del gran hombre de ciencias.

1. No debemos admitir más causas de cosas naturales que las que son verdaderas y suficientes para explicar sus apariencias.
2. Por lo tanto, a los mismos efectos naturales debemos asignarles, hasta donde sea posible, las mismas causas.
3. En la filosofía experimental debemos aceptar las proposiciones derivadas por inducción general de los fenómenos como exactas o muy probablemente ciertas, a pesar de las hipótesis contrarias que pudieran imaginarse, hasta el tiempo que ocurran otros fenómenos, con los que puedan hacerse más exactas o aceptar excepciones.

La primera de estas reglas es una versión de la “Navaja de Ockham”, o principio de la simplicidad o parsimonia. Ockham, filósofo del siglo XIV, enunció: *“entia non sunt multiplicanda praeter necessitate”*. Ello significa que, en igualdad de condiciones, debe preferirse la explicación más simple. O dicho como el propio Ockham, “lo que puede ser hecho con el menor número de asunciones es hecho en vano con más”. Sin embargo, el significado de “causas verdaderas” no está claro, y no deja de rezumar cierto trasfondo metafísico. El problema de las explicaciones parsimoniosas radica en que, en un mundo real y complejo de fenómenos locales con historias propias, dinámico, contextual y multicausal, nunca existen condiciones iguales y, además, por lo general, las apariencias pueden ser susceptibles de tener explicaciones múltiples, todas ellas posibles, todas ellas congruentes, y casi con seguridad más de una cierta.

La regla 2 tiene un sentido evidentemente lineal y determinista. Es lo contrario de lo que se asume que puede ocurrir en sistemas complejos. Efectos globales semejantes pueden ser provocados por causas bien diferentes o no aparentes, mientras causas semejantes de inicio pueden provocar efectos muy divergentes. Es la llamada sensibilidad a las condiciones de inicio de los sistemas dinámicos no lineales. Por otra parte, en la última regla se evidencia la aceptación de las alternativas, de lo contingente. Otra inferencia importante es su alejamiento explícito de la posición de Descartes, de no sólo contradecir el derivar las leyes

naturales del razonamiento puro, sino además, del carácter relativista del conocimiento, que debe ser sometido a prueba mediante más observaciones.

La visión mecanicista absoluta de Newton queda muy bien expuesta en sus propias palabras. “Dios es creador y gobernador de este universo mecánico, primero creó el éter fermentativo y sus principios de acción, y entonces asignó a un poder menor, la Naturaleza, el deber de la formación y la operación del universo mecánico perceptible”. El reduccionismo, mecanicismo y determinismo se absolutizan y enseñorean, triunfales, a través del siglo XVII y hasta el siglo XIX. En el paradigma newtoniano, todo es posible de ser determinado y predicho, si el estado de sus partes en un momento dado es conocido. Esta manera de pensar halló su radicalización plena en el famoso “demonio” del matemático francés Pierre Simon Laplace (1749-1827). Este demonio sería una entidad pensante capaz de tener acceso a todas las fuerzas del universo, desde los grandes cuerpos del cosmos hasta los átomos. Conociendo los principios que gobiernan sus movimientos e interacciones, podría ser capaz de predecir todo resultado, todo devenir. Se dice que le espetó a Napoleón que no necesitaba jamás de alguna hipótesis divina, porque el porvenir puede ser previsto teóricamente hasta el más mínimo detalle.

La inferencia de lo anterior es nítida. El mundo era accesible a través de la razón y la experimentación, existía un orden mecánico natural impuesto por Dios, por el “Gran Relojero”, en el decir de Voltaire. Este orden absorbente marca el triunfo definitivo de la simplicidad, la cual ofrecía un conocimiento preciso, cierto y seguro. Vale la pena acotar las propias palabras de Laplace, que tan bien encarnan el espíritu de la modernidad y aún de buena parte de la mentalidad contemporánea: "Hay, pues, que considerar el estado actual del universo cómo efecto de su estado precedente y cómo causa del que lo sucederá. Una inteligencia que en un determinado instante pudiera conocer todas las fuerzas que impulsan la naturaleza y la respectiva posición de los seres que la componen y, además tuviera la suficiente amplitud para someter esos datos al análisis, incluiría en una sola fórmula los movimientos de los mayores cuerpos del universo y los más ínfimos átomos; nada se

le escaparía y tanto el pasado como el futuro estarían en su presencia.... Y puede, merced a sus descubrimientos en mecánica y en geometría, unidos al de la gravitación universal, comprender en las mismas expresiones analíticas, los estados pasados y futuros del sistema universal, al aplicar idéntico procedimiento a otros objetos de su conocimiento... y predecir los que acaecerán en determinadas circunstancias”.

No caben dudas que Newton, y las aplicaciones prácticas de sus descubrimientos, contribuyeron sobremanera a que el interés y el deslumbramiento por lo científico se extendieran más allá de los severos predios académicos. Prueba de ello es que Alexander Pope (1688-1744), poeta inglés reconocido por su mordacidad contra casi todo el mundo, le dedicara al gran científico un pequeño verso: *La Naturaleza y las leyes de la naturaleza reposaban ocultas en la oscuridad/Dios dijo: ¡hágase Newton! / Y todo fue claridad.* La fiesta mecanicista de la Ilustración también se refleja en la música. La *Sinfonía de los Juguetes* de Leopoldo Mozart, padre del genio absoluto, Wolfgang, es una melodía pletórica de sonidos mecánicos y trinos de cucos de relojería. Todo el que la haya disfrutado, no podrá dejar de imaginar, con toda claridad, a muñecos mecánicos danzando suavemente y prodigándose los unos a los otros rígidas y gentiles reverencias. Y tras toda esa armonía, vislumbrar el ceño adusto del sabio inmortal.

EXPLICACIONES

Teniendo como marco referencial la obra de estos grandes pensadores, se destacan otros filósofos entre los siglos XVI y XIX, quienes también contribuyeron a moldear el pensamiento de la modernidad. El ya mencionado Francis Bacon fue un defensor del empirismo como criterio válido de conocimiento de la naturaleza, y no solamente la autoridad de la opinión. Bacon se opuso a la *inducción* aristotélica, porque éste procedimiento se limitaba a la inferencia general a partir de una colección indiscriminada de datos, sin la guía de alguna hipótesis previa. En adición, las conclusiones se alcanzaban por una generalización simple, excluyente

de las evidencias negativas. Bacon propuso la *inducción por analogía*: si dos o más entidades comparten semejanzas en uno o más atributos, entonces lo más probable es que también compartan semejanzas en otros atributos. De hecho, Bacon es conocido como el *Padre de la Inducción*.

En contraposición a Descartes, John Locke postuló que todo conocimiento, con la excepción de la lógica y las matemáticas, se deriva de la experiencia. No existen ideas o principios generales intuitivos *a priori*. Para él, la mente era como un papel en blanco o una habitación sin amueblar, capaz de llenarse con las experiencias sensoriales cotidianas. Sin embargo, reconocía que la mente no era un reflejo pasivo de los sentidos, porque discernía entre “sentir” y “reflexionar”. Por otra parte, Locke exhibía ideas congruentes con el pensamiento de Descartes, al sugerir la existencia de cualidades *primarias* y *secundarias* de los sentidos. Las cualidades primarias significan las de extensión de las cosas: peso, movimiento, cantidad, longitud, forma. Estas cualidades proporcionan conocimiento seguro; los sentidos así reproducen las “verdaderas” cualidades de las cosas. Las cualidades secundarias son sensaciones como el olor, sabor, sonido o color; ninguna de ellas es inherente a las cosas mismas, sino reflejan la influencia de la realidad exterior sobre nuestros sentidos.

Al igual que Descartes, Locke creía en un conocimiento “intuitivo” o “demostrativo”, que captaba las reglas generales que existen en la naturaleza. Al mismo tiempo, Locke aseveró que nuestras ideas provienen de dos fuentes, sensaciones y reflexiones. Las ideas podían dividirse en *simples* (por ejemplo las ideas de calor, forma, dureza) y *complejas*, cuando las producía nuestra mente al actuar sobre las ideas simples. La idea del tiempo es justamente una de las ideas complejas, porque surge del reflexionar sucesivamente sobre varias ideas. Una idea muy progresista en Locke fue la del *nominalismo**. Este filósofo inglés se opuso al

* *Concepción del mundo como fenómenos individuales, sin esencias generales de las cuales aquellos sean una emanación, una instancia. Los conceptos, como animal, belleza, hombre, círculo, no son esencias, sino palabras para designar cosas particulares que pueden ser percibidas y descritas como particulares, o representadas sobre la base de una descripción. No existe una idea, una eidos en el sentido Platónico, que tenga una existencia como “belleza” o “círculo” con independencia a la entidad particular de referencia.*

esencialismo de Platón y Aristóteles. El empirismo planteaba la existencia única de cosas individuales. Si la esencia existe, son sólo palabras, no es posible concretarla ¿cómo definir la esencia de un objeto? El énfasis sobre una u otra cualidad es puro criterio. En resumen, Locke abogó por un conocimiento basado en la observación, la experiencia y el sentido común. Sin embargo, el nominalismo de Locke es básicamente agnóstico, porque su empirismo no se contempla como una interacción mundo-mente, sino se cierra de manera exclusiva sobre los propios procesos mentales, según se evidencia en lo siguiente: “en vista de que la mente, en todos sus pensamientos y razonamientos, no incluye más que sus propias ideas, que es la única que puede contemplar, es evidente que nuestro conocimiento sólo se refiere a ellas”.

El holandés Baruch Spinoza (1632-1677) fue un racionalista y determinista seguidor de Descartes. Baruch abogó por “una ciencia de proporciones que se deduzcan de un modo geométrico”. El título de una de sus obras principales rezaba: “*Ética demostrada según el orden geométrico*”. No obstante, reconocía que el conocimiento podía alcanzarse a través tanto de la razón, como de los sentidos y lo intuitivo. Sin embargo, Spinoza, a diferencia de Descartes, no creía en un dualismo entre la mente y las cosas externas. Sólo existía la “Sustancia”, a la que también llamaba Dios o Naturaleza, omnipresente en todas las cosas como una unidad. Dios, identificado también en la “sustancia”, era la causa interna, necesaria y suficiente, para todas las cosas. Dios era el mundo, no estaba ajeno a su creación, no existía un mundo dualista cartesiano. Así, Spinoza creía, al igual que sus contemporáneos, en una causalidad eficiente única, pero con un esquema invertido, pues ésta era interna, en lugar de externa.

En filósofos más recientes como el francés Auguste Comte (1798-1857), también alienta el reduccionismo cartesiano: “todos los fenómenos están sometidos a leyes naturales invariables, cuyo descubrimiento preciso y su reducción al menor número posible es el fin de nuestros esfuerzos”. En lo que denominó el “estadio científico o positivo del conocimiento”. Comte reconoce que el conocimiento se

alcanza tanto por la razón como por la observación, pero percibe que el *telos* (pudiéramos decir causa final) del conocimiento es la reducción de las explicaciones: “La explicación de los hechos, ahora reducidos a sus términos reales, consiste en el establecimiento de una relación entre varios fenómenos particulares y unos cuantos hechos generales, que disminuyen en número con el progreso de la ciencia”. Comte fue uno de los pioneros en impulsar las ciencias sociales; pero con un enfoque positivista, pues propuso la búsqueda de leyes generales del comportamiento social, no sobre la base de los fenómenos subjetivos que caracterizan a todo grupo humano, sino con una visión cuantitativa. Comte introdujo el término “sociología”, en el sentido del estudio de la “física social”.

El prestigioso David Hume rechazó la inducción como método de alcanzar conocimiento de principios generales de la naturaleza, ya que la inducción se basa en la inferencia a partir de la experiencia del comportamiento de fenómenos individuales, o de la posible percepción espuria de relaciones causa-efecto. Hume distinguió entre conocimiento y creencia, catalogando al primero de creencia con justificación racional. Es decir, que sólo a través del empirismo no es posible el desarrollo del conocimiento científico. Hume llevó esta concepción hasta el mismo agnosticismo; criticó a la religión por sus creencias en un “más allá”, pero también se mostró escéptico respecto a cualquier tipo de previsión razonable del futuro: “jamás se puede inferir ningún hecho de la hipótesis religiosa, ni se puede prever ni anticipar un suceso, ni se puede esperar o temer recompensas o castigos más allá de lo ya conocido por la práctica y la experimentación”. Hume combatió al racionalismo estricto como sistema normativo de la conducta humana y negó que las personas tuvieran un núcleo inalterable de personalidad; ésta cambiaba con el desarrollo y las circunstancias vividas. En este sentido, señaló al papel fundamental de las pasiones y sentimientos. En una crítica sarcástica, dijo: “No va en contra de la razón el preferir la destrucción del mundo entero a tener un rasguño en un dedo”.

Sin embargo, John Stuart Mill defendió el método inductivo, pues gracias al empirismo es que se llega a conclusiones confiables. Mill esgrimía que en la

geometría, ciencia cuyas inferencias son clásicamente deductivas, las premisas de dichas inferencias se originan a partir de la observación y en generalizaciones emanadas de experiencias repetidas. De acuerdo con Pérez (2000), Mill también tenía previstas alternativas deductivas en su filosofía, la cual se basaba en una cosmovisión de uniformidad y regularidad en la naturaleza. Mill no pretendió reducir la comprensión de la ciencia al modelo inductivo, pero sí afirmó que la inducción era la única forma aceptable de justificar las leyes científicas.

Es imprescindible mencionar de nuevo a Immanuel Kant, por su acercamiento al modelo actual de razonamiento. Este trascendental filósofo alemán criticó al racionalismo puro y dogmático de Descartes y Leibniz; “los pensamientos sin contenidos están vacíos, las intuiciones sin conceptos están ciegas”. Afirmaba que la conciencia del ser humano no es una “pizarra” pasiva que sólo recibe las sensaciones desde fuera, sino la propia conciencia en sí misma construye nuestra percepción del mundo. Kant coincidió en parte con Hume, respecto al no poder saber nada seguro sobre cómo es el mundo “en sí”; sólo podemos saber cómo es el mundo “para mí”. Esa es su famosa separación de la “cosa en sí”, que representa el objeto de conocimiento, y de la “cosa para mí”, o cómo el sujeto percibe o interacciona con el objeto. “La razón sólo puede ver lo que ella misma ha elaborado, de acuerdo con su propio plan”.

Kant se opuso nuevamente a Descartes, respecto a demostrar la existencia de Dios mediante la razón pura (la idea de la perfección es causada por la existencia de un ser perfecto, Dios, que la inculca). De igual modo, se opuso a los postulados de Aristóteles y Santo Tomás de Aquino, en cuanto a demostrar la existencia de Dios por la necesidad de invocar una causa inicial. La creencia en Dios, adujo Kant, no es una cuestión de razón o experiencia; para ambas, es tanto probable como improbable. La creencia es una cuestión de fe, legítima en sí misma, pero fuera del alcance de la razón o la lógica. No obstante, Kant reconoce la validez de juicios *a priori*, como parte de un razonamiento lógico y de alcance general; además de proposiciones *a posteriori*, cuyo sustrato es la práctica y la experiencia. Con el

primer tipo de razonamiento no experimental, es decir, hipotético, Kant fue capaz de postular que el sistema solar se había formado a partir de una nebulosa, para ulteriormente devenir en su forma actual. De igual modo, concibió la existencia de un gran universo pletórico de galaxias, más allá de la nuestra.

Kant enaltece a la lógica como la ciencia de la aplicación legítima del entendimiento y la razón en general. En su criterio, la lógica es una ciencia no subjetiva, es decir, no formada a partir de principios empíricos (psicológicos), sino es una ciencia objetiva, estructurada por principios *a priori* que moldean el pensamiento para facilitar el entendimiento. Para Kant, los juicios sintéticos *a priori*, predictivos, eran los verdaderamente científicos. Criticó a la *dialéctica*^{*}, tal y como era empleada por muchos pensadores clásicos, en especial los sofistas. “Este arte (la dialéctica) asentaba engañosamente falsos principios bajo la apariencia de verdad, y buscaba como consecuencia de estos principios, el afirmar ciertas cosas, según esta misma apariencia. La dialéctica ha sido, pues, por mucho tiempo, el arte de la apariencia”. Kant propuso que la dialéctica fuera un *arte* que contrapusiera principios contrarios. “Tenemos, pues, dos partes en la lógica: la *analítica*, que expone los criterios formales de la verdad, y la *dialéctica*, que abraza los signos y reglas según los cuales podemos saber si una cosa conforma o no con los criterios formales de la verdad, no obstante la apariencia de lo contrario”.

Kant pensaba que la ciencia se opone al conocimiento común (*phronesis*), y distingue entre ciencias *históricas* y ciencias *racionales*. Afirmó que la “forma de la ciencia es el método”. “El conocimiento, cómo ciencia, debe adherirse a un método (presión), porque quien dice ciencia, dice conocimientos enlazados de manera sistemática y no simplemente como un agregado”. El filósofo argumentaba que el

* Del griego *dialegomai*: de sostener charla, razonar; también *dialektike techne*: o “arte de la dialéctica”, para designar la capacidad de sostener una disputa mediante preguntas y respuestas o para clasificar los conceptos y dividir las cosas en géneros y especies. Platón y Aristóteles emplearon la dialéctica en el sentido de análisis de contradicciones entre fenómenos. Aunque Platón creía en esencias o ideas inmutables, los fenómenos del ser se le mostraban fluyentes y contradictorios. Estas contradicciones las veía como una condición necesaria para estimular el alma a la reflexión.

método es parte de la lógica, e indicó el modo de proceder para formar una ciencia; “es el medio de obtener la perfección lógica del conocer. La metodología debe exponer la manera de llegar a la perfección del conocimiento”. Es decir, Kant predicaba, al igual que Descartes, la opción de un Método mediante el cual se alcanzara la perfección en el pensar y el conocer.

La perfección lógica tenía que ver, según Kant, con la adquisición de lucidez, fundamentalidad y en un orden sistemático del conocer. “La metodología deberá, pues, ante todo, dar los medios de alcanzar estas perfecciones del conocimiento”. Kant también le concedió gran importancia al estudio de la *teoría* por parte de los científicos. “En consecuencia, nadie puede decirse prácticamente versado en una ciencia y a la vez despreciar la teoría, pues así mostraría simplemente que es un ignorante en su oficio, en cuanto cree poder avanzar más de lo que le permitiría la teoría mediante ensayos y experiencias hechos a tientas, sin reunir ciertos principios (que propiamente constituyen lo que se llama teoría) y sin haber pensado su tarea como un todo”.

Augusto Comte expone una versión más suavizada del método científico, al aceptar que cada disciplina desarrolla una estrategia lógica y operacional apropiada en cada caso en particular. Como complemento interesante, acotó que tal metodología surge y se entiende a partir del estudio de la *historia* de esa ciencia. Es decir, que en la búsqueda de un método no interviene la búsqueda de una perfección mediante ese método, sino éste se co-construye a sí mismo como consecuencia de estar embebido en la propia historia de los indagadores que ejercen una disciplina, y de la historia de la propia disciplina científica. Semejante a Kant, Comte sugirió que las observaciones de los fenómenos no se perciben tal y como ocurren “allá afuera”, sino las observaciones se perciben dentro de una situación contextual, que tiene que ver con los propios sujetos.

En este punto es necesario referirse al gran filósofo alemán, George W. H. Hegel (1770-1831). Hegel afirmaba que no existían ni verdades ni razones eternas: “aquél que mire al mundo racionalmente, el mundo le devolverá a su vez un aspecto racional”. Concebía al conocimiento como un proceso dinámico, pero

enmarcado en cada momento por las características de cada período histórico por los que la humanidad ha devenido. El conocimiento progresaba a través de una evolución *dialéctica*,* por contraposición de ideas, que conformaban una triada de contraposiciones o *negaciones*. A este proceso le llamó *negación de la negación*. Al formularse una teoría, hipótesis o forma de razonar, se le contraponen otra que la niega, a manera de contrario dialéctico; a esta segunda fase le corresponde otra negación, que viene a representar una síntesis de lo más racional o coherente de las dos fases anteriores. Esta última negación deviene, en potencia, la primera fase de la próxima espiral de la negación. De esta manera, el conocimiento progresa y se enriquece, al mismo tiempo que retiene su continuidad histórica. Cada negación significa un enriquecimiento de un conocimiento contrastado, pero a la vez mantiene elementos de la fase precedente.

Los filósofos que sucedieron a Hegel formalizaron esta triada, identificándola con los términos de *tesis*, *antítesis* y *síntesis*.

Sören Kierkegaard (1813-1855), filósofo y teólogo danés, aplicó el término *existencial* a su filosofía, porque la consideraba cómo la expresión de la vida individual examinada con intensidad y no cómo la construcción de un sistema monolítico semejante al de Hegel. Mientras Hegel afirmaba haber conseguido un absoluto entendimiento racional de la vida humana y de la historia, Kierkegaard, por el contrario, resaltó la ambigüedad y la naturaleza paradójica de la situación de los hombres. Los problemas fundamentales de la existencia desafiaban una explicación

* *Hegel no fue nada dialéctico ante algunos de los problemas cruciales de la coexistencia social. Su opinión respecto a la posición de la mujer, no fue la de una negación dialéctica respecto al hombre y viceversa, sino, típicamente, más que aristotélica, escolástica. "La diferencia entre el hombre y la mujer es igual a la que existe entre el animal y la planta. El animal se asemeja al carácter del hombre, y la planta al de la mujer, porque su evolución consiste más bien en un tranquilo despliegue de energía, que tiene como principio la unidad indeterminada del sentimiento. Si las mujeres están al frente del gobierno, el Estado está en peligro, porque no actúan conforme a las demandas del público, sino que siguen inclinaciones y opiniones casuales. También las mujeres se están, de alguna manera, cultivando -no se sabe cómo- casi como si absorbiesen las ideas más a través de la vida que mediante la adquisición de conocimientos. El hombre, por otra parte, tiene que alcanzar su posición luchando por adquirir ideas y mediante enormes esfuerzos técnicos".*

racional y objetiva; así, la mayor verdad es subjetiva. Kierkegaard mantenía que la filosofía sistemática no sólo impone una falsa perspectiva de la existencia humana, sino también, al explicar la vida en términos de necesidad lógica, la filosofía se convierte en una manera de evitar la elección y la responsabilidad. Creía que los individuos engendraban su propia naturaleza a través de su elección, que ha de hacerse sin el peso de normas universales y objetivas. La validez de la elección resulta tan sólo determinable de una forma subjetiva. Más importante que la “verdad con V mayúscula” es, según Kierkegaard, encontrar la “verdad para mí”.

En la opinión de Kierkegaard, Hegel se había olvidado de que él mismo era un ser humano. El danés describe así al típico profesor hegeliano: “Mientras el meditabundo y respetado señor profesor explica la totalidad de la existencia, se olvida, en su distracción, de cómo se llama, de lo qué es un ser humano, simplemente un ser humano, no unos ficticios 3/8 de párrafo”. Para Kierkegaard no tiene ningún interés hacer una descripción general de la naturaleza o del ser humano. Es la existencia de cada uno la que es esencial. Y el hombre no percibe su propia existencia detrás de un escritorio. Cuando el ser humano actúa, y especialmente cuando toma importantes decisiones, es cuando se relaciona con su propia existencia. Esta perspectiva es congruente con algunos enfoques contemporáneos acerca del papel participativo y constructivo del sujeto, pero, sobre todo, cómo habitante activo del mundo, según veremos en el Capítulo 3.

Por su parte, el norteamericano Charles Peirce (1839-1914) defendió el método de deducciones e hipótesis, haciendo énfasis en que éstas deben ser sometidas a prueba. Le llamó *retroducción* o *abducción* al proceso mental por el cual se generan hipótesis. En adición, Peirce le concedió importancia a los factores socio-económicos en la misma estructura del conocimiento. Teconoció el sentido pragmático (de hecho, fundó la escuela del pragmatismo*) de la lógica, al escribir “la lógica no es la ciencia de cómo pensamos, sino de cómo deberíamos pensar... para

* El pragmatismo plantea que la prueba de la verdad es su utilidad práctica, sobre todo de su utilidad pública, según enfatiza Peirce en una de sus cartas al filósofo William James. El pragmatismo también postula que el propósito del pensamiento es guiar la acción y el efecto de una idea es más importante que

que pensemos lo que es cierto”. Por otro lado, fue también un defensor del razonamiento inductivo, al admitir que las ideas o conceptos sólo tienen sentido si producen efectos comprobados en condiciones experimentales.

Hasta aquí, hemos visto cómo algunos filósofos y científicos han defendido la perspectiva *a priori*, o razonamiento mediante el desarrollo de juicios o hipótesis previas a la experiencia que se pretende conocer. Otros han abogado por la perspectiva *a posteriori*, que consiste, básicamente, en la aplicación de la experimentación empírica, para luego de la experiencia buscar una explicación. La primera vía se identifica con el método deductivo y la segunda con la inducción. También hemos visto posiciones conciliadoras de la aplicación de ambas vías. Como contraste, el análisis *reduccionista* ha sido una perspectiva más universal. Filósofos más recientes, como Rudolf Carnap (1891-1970) postulaban la posibilidad de unificar todas las ciencias, sobre la base de algunos enunciados cuantitativos, así como la eliminación de contextos históricos y sociales en el análisis científico. Por ejemplo, Carnap expuso “La lógica de la ciencia prescinde del contexto social (histórico o psicológico)”, y “El progreso de la ciencia es un avance en los niveles de exactitud pero, sobre todo, de reducción”. También expresó “Las leyes científicas sirven para hacer predicciones; en esto consiste la función práctica de la ciencia”.

EXPLICACIONES: RECURSIVIDAD CONTEMPORÁNEA

Wilson (1998) defiende en *Consilience*, la idea de una universalidad explicativa, es decir, la posibilidad también de explicaciones y principios reduccionistas de alcance universal, donde todos los resultados sean consistentes los unos con los otros. De hecho, Wilson reconoce que “no importa cuán largas y tortuosas las secuencias, todo puede ser reducido a las leyes de la física”. Wilson sólo reconoce para la limitación del conocimiento la escasez de datos. En el criterio de este autor, diseccionar algo en sus elementos constituyentes es consiliencia por reducción, mientras que reconstituirlo es consiliencia por síntesis. La *Consilience* es buscar la

unidad en todas las ciencias. Es lograr un terreno común de explicación. Wilson explica que se ha basado para esta idea en *The philosophy of inductive sciences*. (William Whewell, 1849), donde se plantea “La consiliencia de la inducción tiene lugar cuando una inducción, obtenida de una clase de hechos, coincide con una inducción, obtenida de otra clase diferente”.

En *Consilience*, Wilson también expresa que los organismos son máquinas y los humanos son máquinas extremadamente complicadas. Peroff (1999) expone sus ideas al respecto de la siguiente manera: “Él (Wilson) cree que todos los fenómenos reales, desde las galaxias y planetas, hasta la gente y las partículas subatómicas, están basadas en procesos materiales últimamente reducibles a un pequeño número de leyes fundamentales materiales que explican cualquier cosa. Todas las explicaciones para cualquier cosa son causales y todas las causas son materiales”. Otro biólogo, Richard Dawkins, ha abogado en diferentes libros de divulgación que los organismos no son más que robots, cuya única función es la de transmitir los genes.

Por otra parte, Levins y Lewontin (1985) comentaron: "el enorme éxito del método cartesiano y de la visión cartesiana de la naturaleza, resulta en parte de un camino histórico de menor resistencia. Los problemas que sucumben al ataque se persiguen con mayor vigor, precisamente porque ahí funciona el método. Otros problemas y otros fenómenos se dejan de lado, alejados de la comprensión por el compromiso a favor del cartesianismo. Los problemas más arduos no se afrontan, aunque sea por la razón única de que las carreras científicas brillantes no suelen edificarse sobre el fracaso constante. Así, los problemas que plantea la comprensión del desarrollo embrionario y psíquico, o la estructura y función del sistema nervioso central permanecen más o menos en el mismo estado insatisfactorio en que se hallaban hace cincuenta años, mientras los biólogos moleculares van de triunfo en triunfo describiendo y manipulando genes”.

De manera similar, Capra (1996) reflexiona: “Este triunfo de la biología molecular derivó en la creencia generalizada de que todas las funciones biológicas

pueden ser explicadas en términos de estructuras moleculares y mecanismos. De este modo, la mayoría de biólogos se han convertido en fervientes reduccionistas, ocupados en detalles moleculares. La biología molecular, originalmente una pequeña rama de las ciencias de la vida, se ha convertido en un omnipresente y excluyente modo de pensar que ha conducido a una grave distorsión en la investigación biológica. Mientras los biólogos pueden conocer la estructura precisa de unos pocos genes, saben muy poco de los modos en que dichos genes se comunican y cooperan en el desarrollo de un organismo. Esta clase de investigadores afirman que todos los organismos vivos están hechos en última instancia de los mismos átomos y moléculas que componen la materia inorgánica y, por tanto, las leyes de la biología pueden ser reducidas a las de la física y la química. Si bien es cierto que todos los organismos vivos están hechos en última instancia de átomos y moléculas, son *algo más* que átomos y moléculas”.

La preponderancia hoy día del método deductivo y, específicamente, la proposición hipotético-deductiva, se debe en buena medida a la repercusión de la obra del austriaco Karl Popper (1904-1997) y sus seguidores, sobre todo a partir de 1970. Previamente, Hempel y Openheim (1948) promulgaron que las explicaciones en ciencia deben adoptar la forma lógica-deductiva o patrón nomológico-deductivo o por coberturas de leyes (literalmente deducción por leyes lógicas). El modelo tiene dos componentes, el *explanans*, sentencia o enunciado que constituye la explicación y el *explanandum*, enunciado que describe el conjunto de elementos a ser explicado, y es una consecuencia lógica del *explanans*. El *explanans* incluye leyes generales, condiciones iniciales o hechos aislados. No debe contener premisas *ad hoc*. Kluge (2001) expone el formalismo de este modelo:

$$\begin{array}{l} \text{Ley (es) explicativa o teoría (s) general} \\ (\textit{explanans}) \quad \underline{\text{Condiciones específicas de límite (causa)}} = \quad \text{explicación } (\textit{explanandum}) \\ \text{Evento específico (efecto)} \end{array}$$

Según Kluge, las explicaciones científicas ocurren cuando los elementos en una hipótesis están conectados al mecanismo (s) causal responsable de un fenómeno. Las explicaciones científicas insiste Kluge- son distintivamente causales. Tait (2000) resume las ideas de Popper al respecto. Los tipos de *explicans* pueden ser, *genuinos* (si sus *explicans* son completos y correctos) y *adecuados* (si son susceptibles de realizar predicciones). En la opinión de Tait, con estos criterios no es factible habilitar nuevas formas del desarrollo de las investigaciones, debido a la ausencia de lo que pertenece al *contexto* de descubrimiento, de la indagación. Los modelos deductivos representan únicamente derivaciones de conocimiento desde el punto de vista lógico.

Carnap, así como Hempel, Openheim y Popper, propugnaron que las teorías deben realizar predicciones sobre la base de su poder deductivo, y además ser sometidas a pruebas de corroboración. Este proceder se enmarca dentro del *modus ponens* o verificacionista. Popper enfatizó lo mismo, pero realizó una inversión del esquema; declaró que había resuelto un problema filosófico fundamental, el problema de la inducción (es decir, el problema de llegar a soluciones ajenas a la vía inductiva), al establecer la demarcación entre ciencia y metafísica, mediante el sometimiento de las hipótesis a prueba, no para su corroboración, sino para su refutación. Popper, en contra de la práctica universal, propuso el *modus tollens*, la prueba de la falsabilidad de las hipótesis, como *organon* del criticismo científico (Popper, 1974). Con esta proposición, las teorías alcanzan una dimensión científica sólo cuando en su estructura se encuentra implícita la posibilidad de su refutación. En otras palabras, cuando una teoría o hipótesis siempre conlleva la posibilidad de ajustarse a cualquier hecho u observación, cuando siempre se corrobora a sí misma, cuando se hace inmune a la crítica, dicha teoría no predice nada, porque nada explica; entonces es un axioma o un dogma, pero no es científica.

El principal problema de la inducción como método rector es su capacidad limitada de realizar generalizaciones, porque se basa en la inferencia de observaciones particulares. La inducción generaliza observaciones contingentes

(fenómenos que pueden o no ser de la manera en que se observan), no necesidades lógicas. La inducción es una recopilación histórica o numérica de eventos, no tiene poder predictivo. Es una generalización histórica de contingencias, no expresa necesidad en el curso natural de eventos. El siguiente ejemplo ilustra la aguda diferencia entre inducción y deducción nomológica. El razonamiento o predicción que el sol se levantará mañana, como consecuencia de que siempre lo ha hecho así, es inductivo. Se basa en una compilación de eventos. Pero si se tienen en cuenta las leyes del movimiento de los cuerpos cósmicos, entonces es una deducción, una necesidad lógica y natural. Existen leyes naturales que soportan la proposición, las cuales se enuncian como predicción.

Rieppel (2003) recuerda que la inducción es *acerca de qué es el caso*; es soportada por evidencia. La deducción es *acerca de lo qué debe ser el caso*; es conclusiva, soportada por la lógica. Pero existe aún una tercera variante, la abducción, que trata de *acerca de qué pudiera ser el caso*; dada la evidencia, un abanico de posibilidades. Por otra parte, resume que Popper también invierte el esquema de la inducción al sugerir proposiciones universales, independientes de las observaciones, como puntos de partida al análisis científico, y no de observaciones, como es el método inductivo. Por ejemplo, la proposición “todos los perros ladran” es asumida como un enunciado universal, pero no garantiza que un perro que estemos observando en un momento dado tenga que ladrar por el simple hecho de ser un perro. En ello consiste el sometimiento de la hipótesis a prueba empírica. En ese sentido, no se comporta como una deducción silogística, sino probabilística. Si el perro no ladra, porque es mudo, está dormido, se encuentra enfermo, o es muy perezoso, entonces se refuta la proposición universal. La inducción es un procedimiento simétrico; la acumulación de hechos puede confirmar o refutar con mayor o menor impacto una teoría (acerca de qué es el caso). La lógica deductiva no permite libertades, es asimétrica; de todo o nada, una refutación es invalidante (es acerca de lo qué *debe* ser el caso). La falsificación de Popper es conclusiva porque ocurre en un espacio lógico, no real.

Según Popper, el grado de corroboración tiene que ver con una situación que nos lleve a preferir unas teorías respecto a otras. Pero no dice nada acerca de un futuro despliegue de la teoría o acerca de la “confiabilidad” de una teoría. La confiabilidad de una teoría debe ser sometida a prueba de refutación; si la teoría o hipótesis resiste la prueba de evidencias, entonces la teoría es robustecida, de lo contrario, se elige otra hipótesis (se supone que existe un grupo de hipótesis alternativas o competidoras) y se repite el proceso. Posteriormente, Popper (1983) realiza un desglose entre la actitud verificacionista y la actitud falsacionista. En la actitud verificacionista o acrítica se busca “verificación”, “confirmación” o “instanciación”, y se termina por encontrarla. Cada “instancia” observada de la teoría se piensa que es para “confirmar” la teoría. Por otro lado, en la actitud crítica falsacionista se pesquisa por falsificación o contra-instancias. Sólo si la indagación más concienzuda por las contra-instancias no tiene éxito, podremos hablar de una corroboración de la teoría.

El modelo *hipotético-deductivo* tiene sus raíces en las ideas de Immanuel Kant, quien razonó que los juicios sintéticos *a priori* eran los verdaderamente científicos, porque eran universales, necesarios, y aumentan el saber. En estos juicios anteriores a la experiencia (sujeto), la experiencia (predicado) le añade algo al sujeto; se incrementa el conocimiento. Si la experiencia resulta congruente con el juicio previo, entonces el juicio representaba, de hecho, una predicción del resultado de la experiencia. Además, las hipótesis deben ser *atrevidas*. Esto quiere decir que, mientras más improbable parezca una hipótesis, la misma pudiera tener un mayor poder explicativo, de comprobarse su predicción. La siguiente proposición “todos los perros de la ciudad pueden ladrar”, es más atrevida que el decir “todos los perros de mi cuadra pueden ladrar”. La primera tiene muchas más probabilidades de refutación que la segunda.

Faith y Cranston (1992) consideran que las hipótesis y teorías, mientras más baja probabilidad lógica, más poder de falsabilidad ostentan. La probabilidad lógica de una hipótesis o enunciado es una probabilidad a la luz de algún grupo aceptado

de hechos o conocimiento de fondo. Si tiene elevada probabilidad lógica, entonces no tiene mucho de novedoso en su formulación. Por eso los silogismos son malas hipótesis *reales*, porque su probabilidad lógica es absoluta. Los silogismos, es decir, la lógica deductiva, no operan en un universo real, ontológico, sino personifican derivaciones lógicas, cuya existencia transcurre en un universo virtual, epistemológico. Popper (1992) propuso para tratar con fenómenos reales la aplicación de una *lógica proposicional* o de probabilidades. La elegante lógica deductiva tendría una probabilidad = 1. Esa es la *verdad lógica*, con una probabilidad *absoluta* de ocurrencia. Sin embargo, la verdad en condiciones de evidencias, la verdad *real*, responde a una lógica probabilística. La probabilidad *absoluta* sería un caso especial de una probabilidad *relativa* real, no lo contrario.

Entre la importancia de la refutación por un lado y la corroboración, por otro, existe un juego contextual. De acuerdo con Rieppel (2003), para Popper la falsificación de una hipótesis nueva, atrevida, que trascienda ampliamente el conocimiento de fondo (evidencias, conceptos, hechos aceptados que sirven como fundamento de la hipótesis) actual no es relevante, porque la hipótesis era tan improbable que su refutación no aportaría nada. Sin embargo, de ser corroborada, entonces implica un progreso en la ciencia. Por el contrario, una hipótesis o teoría altamente corroborada en el tiempo sólo contribuye al progreso científico mediante su refutación, porque ello lanza a la luz fenómenos que necesitan nuevas explicaciones y enfoques.

El falsacionismo recuerda que toda teoría tiene límites y, por consiguiente, podría ser potencialmente falsa o refutable. El refutacionismo popperiano sostiene que sólo cabe tener certeza del error: la verdad es siempre incierta, está siempre sometida a conjeturas; pero no la verdad cómo realidad ontológica, sino epistémica, cómo consenso entre sujetos. Popper (1974) subrayó que las pruebas de verdad en la ciencia (excepto en matemáticas puras y lógica) no existen en las disciplinas empíricas o fácticas. Sólo obtenemos información acerca del mundo, no pruebas en el sentido de establecer de una vez y para siempre la verdad de una teoría. Por otra

parte, las matemáticas puras y la lógica continúa Popper- permiten pruebas de sus verdades por demostración, pero no nos brindan información acerca del mundo, únicamente desarrollan los medios de describirlo. De hecho, no existe una verdad ontológica, porque la verdad es una realización y una construcción consensuada de los sujetos. Lo cierto, simplemente *es*, aunque sea cómo acto de fe; pero la verdad es un consenso contextualizado, epocal. Lo incierto es la pretensión de su posesión.

Popper (1997) combatió certeramente el determinismo histórico y científico. Curiosamente, su razonamiento en este sentido no apela tanto a la lógica formal como a aspectos psicológicos. Por ejemplo: “nuestra tendencia a pensar en términos deterministas se deriva de nuestros actos como seres que se mueven, como seres que empujan cuerpos: de nuestro cartesianismo. Pero hoy en día esto ya no es ciencia. Ha pasado a ser ideología.” Popper también expuso: “Este resultado viene apoyado por el éxito de la ciencia: aplicamos el método de la predicción científica sólo a sistemas que no sean afectados en absoluto, o lo sean sólo de manera ligerísima por el proceso de la predicción. Por otro lado, el determinismo 'científico' requiere que seamos capaces, en principio, de predecir desde dentro toda las cosas de nuestro mundo con el grado de precisión que decidamos; y, puesto que nosotros mismos estamos en nuestro mundo, esta doctrina es refutada por la imposibilidad de obtener predicciones arbitrariamente exactas desde dentro, lo que es una consecuencia de la imposibilidad de la autopredicción." En fin, si sabemos lo que podría ocurrir, también seríamos capaces de cambiarlo, por lo que entonces no ocurriría. A su vez, esta contra-acción podría predecirse y así cumplirse la primera predicción, y así navegaríamos en un círculo vicioso lógico. Debido a ello, Popper insistió tanto en la eliminación del sujeto en la construcción del conocimiento, y en su lugar otorgar preponderancia absoluta al método.

Pineda (2005) realizó un interesante resumen de las diferencias básicas entre el pensamiento de Kuhn y Popper, respecto a la filosofía de las ciencias. Veamos.

Kuhn: Acepta la verificación.

Popper: Acepta la falsación. Niega la existencia de procesos de verificación.

Kuhn: Se pone a prueba al científico, si este fracasa al tratar de resolver una anomalía, es por su incapacidad y no por una mala teoría.

Popper: Se pone a prueba la conjetura, teoría o mito que se pretende destruir. para romper paradigmas (es decir, son revolucionarios, llevan a cabo una investigación divergente), o para acumular conocimientos sobre la base de una teoría (investigación convergente) sin interés en cuestionarla.

Popper: Considera que la ciencia normal no es tan importante en el desarrollo del conocimiento científico, los verdaderos científicos son revolucionarios en todos los momentos, sino no lo son, deben ser considerados pseudocientíficos.

Kuhn: El desarrollo histórico del conocimiento científico no se relaciona con la demostración de la falsedad de nuestras teorías.

Popper: El conocimiento científico avanza mediante conjeturas y refutaciones.

Kuhn: Su unidad de análisis es el Paradigma.

Popper: Su unidad de análisis son las Conjeturas o Teorías.

Paul Karl Feyerabend (1924-1994) expuso en *Against Method* la imposibilidad de concebir un método “que contenga principios firmes, inmutables y absolutamente vinculantes cómo guía de la actividad científica”. La obra citada la encabeza con la siguiente frase: “La ciencia es una empresa esencialmente anarquista; el anarquismo teórico es más humanista y más adecuado para estimular el progreso que sus alternativas basadas en la ley y en el orden”. Al repasar la historia de los grandes descubrimientos y revoluciones en la ciencia, desde los griegos antiguos y Galileo hasta Einstein, concluyó “todo ello fue posible porque algunos pensadores *decidieron no someterse a ciertas reglas 'obvias'* o porque las *violaron involuntariamente*. Así es cómo el pensamiento dialéctico surge como forma de pensamiento que reduce a la nada las detalladas determinaciones del entendimiento, incluida la lógica formal”. Y prosigue: “A quienes consideren el rico material que proporciona la historia, y no intenten empobrecerlo para dar satisfacción a sus más bajos instintos y a su deseo de seguridad intelectual con el pretexto de claridad, precisión, objetividad o verdad; a esas personas les parecerá que

sólo hay un principio que puede defenderse bajo cualquier circunstancia y en todas las etapas del desarrollo humano. Me refiero al principio *todo vale* (*anything goes*).”

Este filósofo, de inusual estilo, abogó por una metodología pluralista y por la confrontación de ideas. Para Feyerabend, el conocimiento es semejante a un océano, siempre creciente, de teorías incompatibles entre sí, mientras la historia de la ciencia se convierte en parte consustancial de la propia ciencia. La historia es esencial para el desarrollo posterior de una ciencia, y para ofrecer un contexto social a las teorías involucradas por dicha ciencia en cualquier momento particular. En franca contraposición al pensamiento popperiano predominante, Feyerabend recomienda la construcción de hipótesis y teorías contra-inductivas, opuestas al consenso oficialista, con el objetivo de buscar criterios externos de criticismo. “Necesitamos construir, por decirlo así, un mundo alternativo completo, necesitamos un mundo soñado para descubrir los rasgos del mundo real en el que creemos habitar (mundo que, de hecho, quizás no sea más que otro mundo soñado)”.

Por supuesto, este mundo onírico es metafórico; no se refiere a un idealismo subjetivo, sino al componente subjetivo de la ciencia. Muchas veces lo considerado objetivo, real, es lo que *deseamos* o *soñamos* que sea real y objetivo. “La condición de consistencia -continúa el filósofo- que exige la concordancia de las nuevas hipótesis con las teorías aceptadas, no es razonable, porque favorece la teoría más antigua, no la teoría mejor. Las hipótesis que contradicen a teorías bien confirmadas proporcionan evidencias que no pueden obtenerse de ninguna otra forma. La proliferación de teorías es beneficiosa para la ciencia, mientras la uniformidad debilita su poder crítico. Además, la uniformidad pone en peligro el libre desarrollo del individuo”.

Feyerabend, de modo semejante a Hume, opinó que las teorías, *per se*, no pueden derivarse *exclusivamente* de los hechos, porque las teorías se construyen dentro de la mente. De igual modo, subrayó que el requisito de aceptar sólo aquellas teorías inferidas a partir de los hechos nos dejan sin ninguna teoría. De aquí que la

ciencia, tal y como la conocemos, sólo puede existir si abandonamos este requisito y revisamos nuestra metodología. De nuevo sus ideas se contraponen a las de Popper, al proponer un método o vía indagativa desprovista de reglas que nos obliguen a elegir entre teorías *sobre la base de la falsación*. Por el contrario, las reglas de dicho método deben hacer posible elegir entre teorías ya contrastadas y posteriormente *falsadas*. Otra proposición osada fue estimular el enunciado de teorías e hipótesis *ad hoc* (realizadas al efecto para un problema o fenomenología dadas).

La *ad hocidad* está proscrita por muchos científicos, estén o no conscientes de los problemas epistemológicos de la ciencia. Lo *ad hoc* implica el uso de explicaciones particulares, extras al cuerpo de teoría o al enunciado general de las hipótesis. No es parsimonioso; de este modo, violenta uno de los principios más difundidos en la ciencia después de Newton. Farris (1983) ilustra este horror a lo *ad hoc*: "...la ciencia requiere que la selección entre las teorías sea decidida por la evidencia, y el efecto de una hipótesis *ad hoc* es precisamente disponer de una observación que, de otra manera, suministraría evidencia contra una teoría. Si tales disposiciones fueran *permitidas (énfasis nuestro)* libremente, no podría haber conexión efectiva entre teoría y evidencia, y el concepto de evidencia no tendría significado". Probablemente, el descubrimiento de algo verdadero sería factible por lo *ad hoc*; sin embargo, ello no debe ser permisible.

Lo *ad hoc* se construye para buscar confirmaciones de las hipótesis, representan el modelo *modus ponens* o verificacionista de razonamiento, por ello es rechazado de plano por los poperianos. Sin embargo, y como se verá a continuación, la *ad hocidad* en ocasiones emerge como una necesidad inevitable del reconocimiento de nuevos fenómenos, que necesitan una explicación y un enmarque dentro de teorías más frescas. Las nuevas ideas -discurre Feyerabend- van más allá de la evidencia disponible y *deben* hacerlo así para ostentar algún valor, de manera que resulta obligatorio la insinuación ocasional de las hipótesis *ad hoc*. Imre Lakatos (1922-1974), discípulo de Popper, pero discrepante con su maestro en muchos aspectos, se pronunció de igual modo a favor del uso eventual de lo *ad hoc*.

Lakatos subraya que las nuevas ideas son por lo general casi completamente *ad hoc*, y no pueden ser de otra manera. Las nuevas teorías se perfeccionan sólo poco a poco, ampliándose gradualmente y tornándose aplicables a situaciones más allá de su punto de partida. Inclusive, el siempre sorprendente Popper (1992) admite que una buena hipótesis debe ir, tan poco como sea posible, más allá de los hechos que pretende explicar, y ello representa, según sus propias palabras, una hipótesis *ad hoc*. Popper enfatiza con esta proposición la *explicación* y no la *predicción* de la hipótesis, por lo cual se aparta de su línea filosófica central.

Delgado (2001) considera limitaciones en Popper la elevación de la lógica deductiva y el modus tollens a la calidad de instrumentos lógicos infalibles para construir teorías científicamente aceptables. Delgado (2002) insiste, “Cuando Popper afirma que basado en la falsación es posible concebir la existencia de experimentos decisivos en la ciencia, no sólo contradice la historia real de la misma, sino eleva a un nivel cosmovisivo un resultado científico concreto perteneciente al área de la lógica... la enorme influencia de Popper en la ciencia y la metodología del siglo XX no emanan precisamente de que tuviese en sus manos una solución definitiva. Sus ideas... acogían las nociones de una naturaleza simple capaz de ser entendida en términos de una teoría científica única y omnicompreensiva en su simplicidad, y la representante del orden simple del universo era una vez más la física. Así, la concepción popperiana de la ciencia justificaba ideas básicas del modelo cultural de la racionalidad clásica, las cuales modernizaba al ajustarlas a un nuevo ideal de la física, cómo modelo de ciencia a seguir por todas las demás”.

En el criterio de Gattei (2002), la falsabilidad nos advierte que debemos estar alerta respecto a la falibilidad y crítica de nuestras teorías. Contra ello, es imposible argumentar. No obstante, advierte Pérez (2000), la aceptación o no de las teorías e hipótesis se encuentran más relacionada con su aceptación dentro de un paradigma o contexto de intereses y poder, y no con su refutación o corroboración lógicas. En tono adamantino, Jaramillo (1993) espeta que el *modus tollens*, aunque resulta inobjetable lógicamente, no es aplicable a las ciencias, y así ve la necesidad de la

sustitución de sistemas analíticos lógicos por históricos. En su criterio, la lógica no monopoliza el ejercicio de la racionalidad ni agota el ámbito de la reflexión filosófica. El mensaje de Rieppel (2003) es similar, pues advierte que lógica deductiva no excluye necesariamente una actitud verificacionista. Por otra parte, la deducción ocurre en un espacio lógico; es un acto racional, epistémico; por consiguiente, cabe la posibilidad de su enajenación con la ontología de la naturaleza. Una conclusión de lo anterior es que lo lógico no debe tomarse como criterio exclusivo de la demarcación de lo científico, ni como herramienta única para la comprensión de la complejidad de la naturaleza.

Por su parte, Faith y Trueman (2001) señalan: “Popper evidentemente desacopla corroboración de falsificación....El marco popperiano debe verse en términos de corroboración y no de falsificación....La filosofía popular popperiana es un cuento acerca de falsificación.....Para Popper, el soporte para una hipótesis puede ir más allá de un mero fallo de falsificar...” Olmstead (2001) reconoce que la lógica científica o filosofía de Popper le dio primacía a la falsificación, no a la verificación de las teorías. Su lógica consistía en la búsqueda de datos para contradecir o falsificar la hipótesis, en vez de buscar su verificación. Sin embargo, y de manera semejante a Faith y Trueman, Olmstead afirma que el concepto popperiano de falsificación estaba conectado con el de corroboración, consistente éste último en la confirmación óptima de los datos a mano, según la hipótesis en cuestión. Pero apunta Olmstead- la relación entre esta filosofía y la historia singular de la diversificación evolucionaria y de nuestra habilidad para recuperar los patrones de diversificación nunca estuvo explícitamente en las ideas de Popper.

Para Novo (2002a), la ciencia es la búsqueda de la verdad, no de la certeza; la ciencia separa lo verdadero de lo falso mediante la experimentación; busca un conocimiento contrastado de algún aspecto de la realidad. Ese conocimiento no es necesariamente cierto; el conocimiento científico es lo que resulta ser *verdadero en un momento dado*. No es una “verdad” ontológica y atemporal, sino la verdad más probable según los datos y el contexto; es una verdad provisional, siempre sujeta a

falsación. La *certeza* es una categoría relevante sólo para el conocimiento mítico-religioso, matemático, y también para los postulados éticos, cómo los derechos humanos y la necesidad de lograr un medio ambiente sano. El conocimiento ético no emana de leyes naturales, sino de *querer que lo que hacemos sea ley universal*. Grant y Kluge (2003) consideran, como una visión realista y objetiva de la ciencia, la exploración de pruebas de hipótesis en competición con evidencia empírica. La selección de hipótesis se realiza por la lógica del descubrimiento científico: se seleccionan aquellas que superan la prueba de las evidencias en contra. El problema a estudiar no necesariamente atañe a decisiones científicas; depende de factores de idiosincrasia, pragmatismo, presiones sociales, pero también de consideraciones propiamente cognitivas. Para Grant y Kluge, un método es científico sólo si es sometido a prueba empírica; ello constituye la única fuente de conocimiento científico.

Edgar Morin nos muestra cómo, hasta el presente, lo propiamente científico, el metamétodo de la ciencia, ha sido eliminar la imprecisión, la ambigüedad y la contradicción. Para entender muchos fenómenos oscuros y resistentes a nuestra observación, nos ha faltado considerar una cierta imprecisión en los fenómenos y en los conceptos. Por ejemplo, Pérez (2000) realizó estudios sobre el pensamiento contemporáneo en este tópico, y encontró los siguientes puntos de coincidencia:

1. Muchas personas piensan que sólo existe *un* método científico.
2. Las leyes científicas son universales.
3. La observación, los experimentos y los análisis matemáticos son muy importantes.

Pérez no encontró en los textos consultados mención alguna acerca de la complejidad y la heterogeneidad de la ciencia actual, el fracaso del reduccionismo o la importancia de lo cualitativo (lo no matematizable), sobre todo en los fenómenos estudiados por las llamadas ciencias humanas.

Munne (2002) reflexiona “El proceso simplificador griego.... se ha ido desarrollando hasta nuestros días en todos los ámbitos de la vida humana.... la rigidez lógica del pensamiento escolástico a partir de Tomás de Aquino, la

sacralización y sublimación de la matemática en el canon renacentista llamado la proporción divina, el modelo geométrico adoptado por Spinoza y Descartes, el carácter universal (absoluto) de la ley física en Newton y de la razón *a priori* en Kant, etc. El determinismo newtoniano se radicaliza con Laplace.... Este orden absoluto marca el triunfo definitivo de la **simplicidad**, la cual ofrecía un conocimiento preciso, cierto y seguro. El positivismo del siglo XIX se encarga de generalizar el espíritu simplificador griego ... El modelo de conocimiento adoptado por la ciencia natural, basado en la matemática y la física, pretende extenderse a toda la ciencia, cuyo único sentido es, cómo aquélla, descubrir leyes para prever. La sociedad, manifestación de la naturaleza, tiene un orden inmutable del que forma parte el progreso o transformación acumulativa de la historia, lo que compendia el lema de Comte 'orden y progreso'. En el terreno práctico, el ideal de perfección genera el ideal del progreso ilimitado, que nutrirá al industrialismo hasta el sobredesarrollo tecnológico de nuestros días, ideal que el pensamiento postmoderno, dejándose llevar más por el deseo que por la realidad, declara precipitadamente que ya está agotado”.

Najmanovich (2002) nos advierte que la tarea de renunciar al “hechizo del método” “...no es sencilla, pues requiere la aceptación de nuestra finitud, de la incompletitud radical de todo conocer. Sin embargo, esa es la única forma de abrir las puertas a la invención, a la imaginación, al azar y a la diferencia. La renuncia a la idea de un único método no es desistir de los senderos ya probados, sino elegir entre el campo abierto y los matorrales, entre el bosque y la ruta muelle. No es despeñarse por lo anárquico, sino abrirse a la multiplicidad de significados”. La complejidad, en la percepción de esta socióloga argentina, está íntimamente ligada a esta renuncia; pero no como pérdida onerosa, sino en el sentido abandonar territorios prefijados y movernos en flujos dinámicos. “La complejidad no debe limitarse a construir sólo conocimiento, sino también debe desarrollar procesos de producción de sentido y experiencia; la complejidad debe construir nuevas figuras del pensar”.

Intentemos dilucidar el por qué de esta sugerencia imperativa en los siguientes capítulos

Capítulo 2

Reflexiones entre el orden y el caos

“El problema no está en hacer una teoría general aplicable al átomo, la sociedad, lo biológico etc, sino en considerar, de manera más rica, bajo la noción de la complejidad sistémica/organizacional, toda la realidad”

Edgar Morin

“Para aquellos de nosotros que estamos dedicados al estudio de la complejidad, la vida por delante se nos presenta verdaderamente muy excitante”

Hebert Simon

*Quantum mutatus ab illo! **

COMPLEJIDADES

En el capítulo anterior referimos algunos de los preceptos y consecuencias del pensamiento clásico y moderno. Ello ha configurado una manera de representarnos al mundo y de construir conocimiento sobre ese mundo y sobre nosotros mismos, como sujetos constructores de conocimiento y representaciones. Pero otras alternativas se abren caminos. El desarrollo impetuoso de las ciencias en todos los frentes nos ofrece otra dimensión de la realidad. El mundo es mucho más *complejo*, creativo e impredecible de lo que hubiéramos sido capaces jamás de imaginar desde las perspectivas clásicas y modernas. Acerca de estas perspectivas alternativas, desde la “complejidad”, nos pretendemos realizar algunas reflexiones en los capítulos siguientes.

**¡Cuán diferente de lo que antes era! (de la Eneida).*

Existen diversas maneras para referirse a la “complejidad”. Por ejemplo, “teoría de la complejidad”, “pensamiento complejo”, “enfoque de la complejidad”, “ideas de la complejidad”, “filosofía de la inestabilidad”, “teoría del caos” o dinámica o ciencia no-lineal. Sin embargo, Cillier (1998) indica que no debe equipararse la Teoría del Caos a la Complejidad, pues aquella es de mayor interés para las matemáticas. Por otro lado, afirma, la sensibilidad a las condiciones de inicio no es tan importante (lo que sí lo es en sistemas caóticos *sensu stricto*), sino la *robustez* del sistema, es decir, su capacidad de asegurar su durabilidad sobre la base de su interaccionar. Munné (2001) también separa caos de complejidad, cuando dice trabajar “en la elaboración de una epistemología crítica del comportamiento social, basada en el pluralismo teórico y en la aplicación de las teorías del caos y el paradigma de la complejidad a las ciencias sociales”.

Maldonado (1999) distingue tres enfoques o abordajes para la comprensión de la complejidad: *La complejidad como ciencia* (estudio de sistemas dinámicos no-lineales). *La complejidad como método* (enfoque que elimine dicotomías entre las distintas disciplinas, es decir, transdisciplinar y relacional). *La complejidad como cosmovisión* (abordaje no reduccionista, desde una perspectiva sistémica y holista). Para nosotros, estos abordajes o dimensiones son complementarios. Debido a ello, preferimos utilizar el término “perspectiva de la complejidad”, lo cual sugiere una acometida multidimensional, transdisciplinar y heterárquica,⁴ equivalente a concebir un mundo no-lineal, procesal, organizado en sistemas de redes de redes.

Morin (1993) subraya, *la complejidad es pensar de manera dialógica*. Lo dialógico implica la unión de lo separado/aislado, la asociación de lo considerado antagonista. El discurrir dialógico conlleva presentar sin incoherencias ideas contrarias, relativizar la contradicción y hacer complementario lo antagonista. En el parecer de Ciurana (2001a), la complejidad es ante todo un paradigma, una forma de pensar. Y este pensar de la complejidad es analizar mediante el diálogo, no mediante simplificar y desmenuzar. Para Ciurana, “el pensar de forma *dialógica* es estar bajo los imperativos de otro paradigma. Es hacer dialogar en un mismo espacio

intelectual lo complementario, lo concurrente y lo antagonista. Es intercomunicar lógicas diferentes a la hora de explicar fenómenos complejos. Por ejemplo: la fenomenología física nos impele a que muchas veces hagamos dialogar azar y necesidad, fenómenos en los que el engendramiento de un nuevo orden es inseparable del desorden. Orden y desorden son considerados como absolutos e incommunicables dentro de la lógica del fragmento y de la esencia, dentro de la lógica aristotélica del principio de identidad, no contradicción y tercio excluso. Lógica que refleja una ontología muy determinada: la de la identidad simple y la separación absoluta”.

Por su parte, Riera (2005) califica a la complejidad de nuevo paradigma⁵ y añade, “La ciencia clásica privilegiaba el *orden, el determinismo, la regularidad, la legalidad, la estabilidad y previsibilidad de la naturaleza*. Su aspiración era descubrir lo *inmutable, lo permanente*, más allá de las apariencias del cambio. Las leyes universales de la dinámica clásica fueron *conservadoras, reversibles y deterministas*. La definición de un estado del sistema y el conocimiento de la ley que rige la evolución, permitían deducir, *con la certeza y la precisión de un razonamiento lógico*, la totalidad tanto de su pasado como de su futuro. Sin embargo, hoy se sabe que las trayectorias que parecen tan reales son *idealizaciones*: el mundo reversible es sólo un caso particular de la realidad. La complejidad, en cambio, supone irreversibilidad, temporalidad, no-linealidad, aleatoriedad, fluctuaciones, bifurcaciones, autoorganización, probabilidad y extrae de esta nueva información, una enorme riqueza de posibilidades para hacer crecer la ciencia”.

Para Edgar Morin (1984), la complejidad es el enfoque que nos lleva a pensar lo uno y lo múltiple conjuntamente. La complejidad implica “consagrar nuestros esfuerzos a concebir un desafío que lo real plantea al entendimiento”. Maldonado apunta que la complejidad ha hecho a las ciencias abrir sus fronteras y aprendido, además de sus propias certezas, la incertidumbre, la inestabilidad, las variaciones, la irreversibilidad; en fin, la interdependencia. De esta suerte, la complejidad significa la muerte de la creencia en una *scientia magna o via regia*. Por

su parte, Delgado (2002), asevera: “Hemos comenzado a comprender el mundo en términos de sistemas dinámicos, donde las interacciones entre los constituyentes de los sistemas y su entorno resultan tan importantes como el análisis de los componentes mismos. El mundo ha comenzado a dejar de ser un conjunto de objetos y procesos para presentarse a la mente y al conocimiento como realidad de interacciones complejas, emergencia y devenir”.

Corning (1995) reconoce que no existe una manera acertada de definir y medir la complejidad, pues ésta es un concepto multidimensional y transdisciplinar. Para algunos, existe un “algoritmo de la complejidad”, dado en la longitud mínima de un algoritmo para describir un sistema. Para otros, puede ser una cuestión de emergencias y jerarquías estructurales. Los biólogos asimilan sin mucha controversia que la complejidad de un organismo es medible en términos de la diversidad de tipos de células, tejidos y órganos. Ciurana (2001a) rechaza el concepto de complejidad como medida algorítmica o cuantitativa. Esta perspectiva hace aparecer la complejidad como una complicación que desaparece en el momento en que encontramos el algoritmo que explique esa complicación o el modelo simplificador. Así, -ironiza Ciurana- la complejidad no es más que el producto de nuestra incapacidad mental. “De hecho, nuestros modernos ordenadores son capaces de efectuar cálculos que sin ellos nos parecerían de una complejidad aplastante cuando todo lo más son cálculos complicados. Quién esto escribe piensa que aquellos que confunden *complejidad* y complicación no entienden qué significa la complejidad”.

En el criterio de Binder (1999), definir la complejidad es problemático, porque la percepción del observador tiene mucho que ver con el definir a un fenómeno como complejo. De acuerdo con Cillier (1998), “Uno no debe sentirse sorprendido si no es posible ofrecer una definición sencilla para la complejidad. Es preferible desarrollar una descripción general que no esté constreñida por una definición *a priori*”. Moreno y Ruiz-Mirazo (2002) también denuncian la ausencia de un consenso nítido para definir el término complejidad; pero lo asocian con

interconexiones intensas, en sistemas de redes. De este modo, el estudio de la complejidad consistiría básicamente en la comprensión y especificación de las condiciones bajo las cuales ciertos grupos de componentes cruzan un punto crítico o umbral de interconexiones, disparando la *emergencia* de nuevas propiedades globales. “El fenómeno es tan amplio agregan- que puede considerarse universal”. Un mismo sistema, admiten Nicole y Prigogine (1989), puede aparecer en diferentes aspectos y de este modo evocar impresiones sucesivas de “simplicidad” o “complejidad”. Por este motivo, proponen referirse a “comportamiento complejo”, en lugar de “sistemas complejos”. Ello afianza la impresión de que la *complejidad* es algo dinámico, procesal, incluso eventual. Nos insinúa una comunión dinámica sujeto-objeto, o mejor aún, sujeto-proceso. Por su lado, Capra (1996) no se anda con miramientos para subrayar: “esta nueva forma de racionalidad, éste *nuevo tipo de teoría*, es tan sólo accesible por la vía *empática*”.

Asistimos así a un punto de ruptura con el pensamiento tradicional; es posible *comprender* y *explicar* sin el amparo epistemológico de una definición precisa de un fenómeno real. Es interesante mencionar que Charles Peirce, en carta a William James, acotó: “He señalado a menudo, tanto en mis conferencias como en mis trabajos impresos, cuánto más elevada es la facultad de razonar a partir de ideas más bien inexactas que a partir de definiciones formales”. Los fenómenos complejos pueden percibirse, pueden ser comprendidos a partir de la asimilación de una conceptualización, y es posible caracterizarlos, describirlos. El afán por definir es una de las consecuencias de la gran herencia de la ciencia y la lógica clásica, para así facilitar el manejo de fenómenos, procesos y sistemas más sencillos o más evidentes, más manipulables y más elegantemente repetibles en condiciones controlables. Como resalta Fernández (2004), uno tropieza de manera inmediata con una dificultad cuando trata de explicar qué es simplicidad, o qué es complejidad, debido al carácter autorreferencial de los términos. Las nociones de simplicidad o complejidad se aplican por igual tanto a las propiedades de los fenómenos investigados, como a las propiedades de las teorías que se construyen para explicarlos.

Para Salthe (1985), *la complejidad es resultado de un relacionar múltiple entre fenómenos. De manera congruente*, Cillier (1998) anota, “la complejidad es el resultado de una rica interacción ⁶ de elementos simples que sólo responden a la limitada información que se presenta en cada uno de ellos. Cuando miramos al comportamiento de un sistema complejo como un todo, nuestra atención se centra en la estructura compleja del sistema, no en el accionar de elementos individuales. La complejidad emerge como un resultado de los patrones de interacción entre los elementos”. Los sistemas complejos son sistemas dinámicos no-lineales alejados del equilibrio termodinámico, cuya identidad ontológica se caracteriza por lo procesal y lo emergente, por la historia. Más que *ser*, estos fenómenos y sistemas se encuentran en un perenne *siendo* y, por consiguiente, resultan difícilmente asignables a una definición. Los sistemas complejos son más factibles de abordar a través de la descripción, la percepción y la conceptualización. Cada complejidad es única. No existe, en realidad, “la complejidad”. Percibimos, concebimos, y hasta intuimos, manifestaciones particulares de toda una galaxia de sistemas complejos: las entidades vivientes, la sociedad humana, la historia, la evolución, la cultura, el pensamiento, la organización y el decursar del universo. Mientras que las relaciones lineales son un punto de entrada simple y útil para cualquier concepto, las probabilidades reales que las relaciones en cualquier sistema sean no-lineales, son mucho mayores que lo contrario (Falconer, 2004). La no-linealidad de los sistemas naturales y sociales hace de la pretensión de su manejo y control una ilusión capaz de convertirse en muchos casos en un peligro incalculable.

En ocasiones se identifica, de manera intuitiva, lo complicado con lo complejo. Ello no es necesariamente cierto. Sin embargo, lo complejo siempre es complicado, sin contar que dentro de los propios fenómenos complejos es posible identificar distintas jerarquías, niveles o gradaciones de complejidad. Los sistemas complicados son aquellos que están compuestos por muchos elementos en interacción; pero la interacción es lineal. Ello significa que el sistema, como un todo integrado, exhibe un funcionamiento predecible, con relaciones de causa-efecto

previstas a partir del funcionamiento de las partes. A su vez, cada parte es inteligible en sí misma, tiene una función precisa, repetitiva. Estos sistemas complicados-lineales no son adaptativos. Si una parte o elemento se deteriora, el sistema funciona mal o se detiene. Sistemas complicados clásicos son las máquinas, ya sea un automóvil, un trasbordador espacial, un telescopio, una computadora o un superacelerador de partículas. Los sistemas complicados son comprensibles mediante el *análisis*. La comprensión del funcionamiento de las partes nos permite comprender cómo funciona y también permite predecir cómo funcionará el todo. De igual modo, son sistemas recuperables. Resulta factible desarticular a estos sistemas en partes para luego reconstruirlos mediante el ensamble de sus componentes.

Morin (1993) expresa su punto de vista: “La complejidad es la imposibilidad de simplificar; surge allí donde la unidad compleja produce sus emergencias, allí donde se pierden las distinciones y claridades en las identidades y las casualidades, allí donde los desordenes y las incertidumbres perturban a los fenómenos, allí donde el sujeto observador sorprende a su propio rostro en el objeto de su observación, allí donde las antinomias hacen divagar el curso del razonamiento. La complejidad no es la complicación. Lo complicado puede reducirse a un principio simple, como el desenredo de un nudo. Lo complicado es enredado y multidependiente, pero reducible. La reducción imprescindible se vuelve cretinizante cuando se hace suficiente, cuando pretende explicarlo todo. El problema verdadero no es convertir la complicación de los desarrollos en reglas de base simple. *La complejidad está en la base*”. Con este mismo punto de vista, Sotolongo (2002) propugna sin rodeos, “Lo complejo debe aprehenderse desde lo complejo”.

Ciurana (2001a) reflexiona: “No sabemos si la complejidad del mundo obedece a una simplicidad profunda. La complejidad del mundo es la complejidad fenoménica del mundo. Un pensamiento que trate de ser coherente con la realidad debe situarse al nivel que esa realidad le pide. No podemos pensar fenómenos complejos con principios simples. No podemos pensar problemas

nuevos con métodos viejos.Debemos gestionar de forma eficiente la complejidad con métodos complejos: interaccionales, globales (no totalizadores), *dialógicos*, que practiquen el vaivén entre el análisis y la síntesis, que relacionen texto y contexto. Debemos tener sentido de la transdisciplinaridad. La complejidad... no es la completitud: es *la unión de la simplificación y la complejidad*. Es la práctica del doble juego del análisis y de la síntesis a sabiendas de que la fenomenología, la realidad, no es -ni aún así- clausurable, a sabiendas de la *enormidad* de lo real. Porque todo fenómeno complejo lo componen elementos interrelacionados. Interrelaciones unas veces lineales y otras no-lineales. Unas veces dadas en un mismo plano y otras dadas en planos históricos. Interrelaciones que no se pueden reducir a la lógica estática e identitaria*. Interrelaciones que producen momentos de imprevisibilidad. Interrelaciones que hacen necesario un cambio de paradigma”.

Ciurana connota una propiedad pasada por alto en la mayoría de las ocasiones. En un sistema con comportamiento complejo, ocurren lo mismo interrelaciones lineales y no-lineales. En ello estriba el carácter *dialógico* de la fenomenología compleja. La identidad de los sistemas con comportamiento complejo no es excluyente, sino *articulante*. Sin embargo, el sello distintivo de las relaciones entre los componentes de un sistema complejo consiste en la concurrencia de procesos *no-lineales* y de bucles de retroalimentación.⁷ La existencia de los componentes no tiene sentido fuera del sistema del cual forma parte. Debido a ello, los sistemas complejos no son comprensibles mediante el análisis de sus componentes aislados, ni es posible llevar a cabo un reensamble de estos sistemas. Ello también es una consecuencia de que los sistemas complejos son irreversibles e histórico-dependientes. La complejidad se manifiesta al nivel del

*En palabras de Ciurana, toda reducción de las interacciones a la lógica de la identidad significa la *paralización de tales interacciones*. Significa acabar con la temporalidad; significa reducir al individuo al punto de una línea y la línea “es fe cierta en una trayectoria, en un movimiento regular que empieza aquí y acaba allá y resulta por ello anticipable”.

sistema en sí mismo. No existe algo en un nivel inferior (fuente), ni en un nivel superior (meta descripción) capaz de aprehender la esencia de la complejidad fuera del propio sistema complejo (Cillier, 1998). Los sistemas complejos, además de estas propiedades, muestran una combinación de otras, como son la autoorganización, la disipación de energía, la emergencia, y la capacidad de adaptarse y evolucionar.

Los sistemas complejos *no son mecanismos*. Capra (1996, 2002) ha insistido en la visión de los sistemas complejos como una organización en retículos, donde ocurren procesos recursivos de auto-mantenimiento y auto-producción. La propia red de interacciones y procesos que caracteriza el comportamiento complejo establece constreñimientos en el *ser* de estos sistemas. Así, en estos sistemas existen más posibilidades de las que pueden ser actualizadas (Luhman, 1985). El *ser* de los sistemas complejos, su *ontología*, es dinámica momento por momento. En realidad, los sistemas complejos *no son*, sino que se encuentran en un permanente *siendo*. Para Whitesides e Ismagilov (1999), un sistema complejo es también uno que tiene múltiples vías posibles de evolución. Según indica Ottino (2004), los sistemas complejos pueden ser identificados por lo que hacen: sus procesos se desarrollan sin una organización central, nadie los “dirige”, lo cual resulta apreciable en los procesos metabólicos, el funcionamiento de los ecosistemas, la controvertida internet, la propagación de una pandemia como el virus del VIH, y el decurso del tráfico en grandes autopistas. Ottino opina que el sello distintivo de los sistemas complejos es la *adaptación*, la *autoorganización* y la *emergencia*.

Así llegamos a un punto crucial. La metáfora-guía, el hilo conductor de nuestras reflexiones en lo sucesivo va a partir de esta doble imagen: *los fenómenos percibidos desde su holicidad sistémica, emergente e irreducible, y de su organización en red de redes*.

SISTEMAS

Morin (1993) recuerda que la *objetividad* ha sido el gran paradigma de la ciencia clásica. Es la cosmovisión de un mundo constituido por *objetos* aislados en un espacio neutro, sometidos a leyes *objetivamente* universales. Es necesario un cambio de perspectivas. La naturaleza es polisistémica, es una red de sistemas donde unos construyen a los otros y donde, a la vez, cada sistema puede ser parte y todo. En palabras de Morin, “El sistema ha tomado el lugar del objeto simple y sustancial, y es rebelde a la reducción de sus elementos; el encadenamiento de sistemas de sistemas rompe la idea de objeto cerrado y autosuficiente. Se ha tratado siempre a los sistemas como objetos; en adelante se trata de concebir los objetos como sistemas”. Morin continúa, “Los objetos dejan su lugar a los sistemas. En lugar de esencias y sustancias, organización; en lugar de unidades simples y elementales, unidades complejas; en lugar de agregados que forman cuerpo, sistemas de sistemas de sistemas”.

Morin (1993) y Juarrero (1999) distinguen entre *agregados* y *sistemas*. Según Morin, un agregado es diversidad no relacionada, por ello no conforma un sistema, aunque las condiciones exteriores impongan una cierta unidad o cohesión. En un sistema, las interrelaciones entre sus partes o componentes son constitutivos de la totalidad, y por eso constituyen la organización del sistema. Juarrero explica que los agregados y sistemas están compuestos por partes* relacionadas de alguna manera. Un montículo de piedras, arena o tierra es un agregado de partículas, mantenidas juntas por la acción de una combinación de fuerzas. Pero las particularidades de cada componente de un agregado son indiferentes a su inclusión o exclusión del

*El término *parte* no significa algo que es simple o indiferenciado, sino su sentido es el de constituyente contextual embebido en un todo. Una parte puede ser en sí misma un sistema (célula, individuo), pero parte o subsistema de un sistema más inclusivo u holístico (organismo, sociedad).

mismo. En un sistema, la relación hace alguna diferencia a sus componentes, y las propiedades momento por momento de los componentes dependen del contexto sistémico dentro del cual los componentes están localizados. De este modo, el conjunto Tierra-Luna es un sistema, no un agregado o colección. Nuestro planeta no sería ni remotamente el mismo sin su satélite. Existen propiedades específicas del sistema, en realidad propiedades que ostentan la totalidad del sistema, que no se encuentran en ninguna de las partes por separado. El todo funciona como una unidad.

Prigogine (1997a) distingue los siguientes sistemas. 1. Sistemas *aislados*. Estos son sistemas ideales; no pueden intercambiar ni materia ni energía con el ambiente externo. 2. Sistemas *cerrados*. Son sistemas que intercambian energía, pero no materia. La Tierra, si obviamos el bombardeo meteórico y el ingreso de polvo cósmico, sólo intercambia energía con el espacio exterior. 3. Sistemas *abiertos*. En este caso, ocurre tanto intercambio de materia como de energía; como es consustancial en los seres vivos y las sociedades. Resulta obvio que los sistemas más interesantes, los sistemas generadores de novedades, los sistemas creativos, son los sistemas dinámicos abiertos y no-lineales. Los sistemas dinámicos son aquellos cuyas variables cambian en el tiempo, como una consecuencia de procesos que implican flujos de materia, energía o información. Collier (1999) los define como sistemas en los cuales los factores primarios son fuerzas y flujos. Estas fuerzas y flujos pueden ser *energía, entropía, información y sentido*.

La condición de constituir sistemas abiertos, es una de las cualidades que previenen de una definición formal a los fenómenos complejos, según subraya Falconer (2004). Las definiciones requieren de condiciones precisas de límites, lo que no ocurre en el contexto dinámico de los sistemas complejos. Establecer las condiciones precisas de límites requeriría de una infinita, además de estéril, cantidad de tiempo, porque el propio dinamismo de estos sistemas las estaría modificando continuamente. Los fenómenos complejos no pueden en realidad estar tan circunscritos, ni pueden ser comprendidos en toda su totalidad y “exprimidos”

dentro de un marco conceptual impoluto. No obstante, insiste Falconer, los fenómenos complejos son factibles de ser observados y descritos y agregaríamos nosotros- susceptibles de un diálogo enriquecedor con los observadores, proporcionador de alternativas constructivas y creadoras, siempre y cuando los sujetos estén dispuestos a cambiar sus métodos de indagación y su imaginiería respecto al mundo.

Otra peculiaridad que elude cualquier definición formal de los fenómenos complejos es que una buena parte de los cambios en los sistemas complejos son adaptativos. De hecho, Falconer sustenta que un cambio es *un sistema complejo adaptativo*, o lo equivalente a un sistema que cambia su comportamiento en respuesta al contexto dinámico de su ambiente o al de sus propias circunstancias intrínsecas. En otras palabras, nos dice Falconer, *el cambio evoluciona*. Sin embargo, estas “respuestas” deben considerarse alejadas de un marco de causalidad lineal. La no-linealidad de los sistemas complejos provoca que sus “respuestas” ante determinadas intervenciones humanas, o a lo que se espera como respuestas ante ciertos cambios no inducidos por la praxis humana, no cumpla con las expectativas. Cada cambio es una complejidad diferente, contexto-dependiente, histórico-dependiente y sistema-dependiente. La identidad de los sistemas complejos es *fluida* (Juarrero, 2002) y no-lineal; por lo tanto, las “respuestas” o *acoplamiento* estructural (ver más adelante) entre el sistema y su entorno van a resultar una emergencia del momento. El hecho que determinadas relaciones de acoplamiento sistema-entorno o ambiente, muestren ciertas regularidades, no está reñido con la no-linealidad, porque en todo sistema existen relaciones que se mantienen aparentemente invariantes. Ello depende de todo un juego interaccional de constreñimientos físicos, de forma y otros.

Capra (1996) precisa que un sistema es un todo con propiedades emergentes. Por su parte, Novo (1998) define a los sistemas como un conjunto de elementos en interacción, los cuales, siendo susceptibles de ser divididos en partes, adquieren entidad por la integración de esas partes en la totalidad. Para SOS (2000), un sistema

es un conjunto de partes que interaccionan y funcionan como un todo, y es además distinguible de su entorno por límites reconocibles. Los sistemas tienen *cohesión* o *integración*, propiedades que representan relaciones y procesos opuestos a la acción desintegradora del ambiente, al desorden, a la disipación termodinámica. En los sistemas también existe una *coordinación* entre los componentes; este es un fenómeno funcional. Para estar coordinado hay que estar cohesionado o integrado. La *resiliencia* es la capacidad de absorber cambios, de asimilar o superar perturbaciones, y de persistir mediante cambios en estados metaestables alternativos. La vida en su totalidad es extremadamente resiliente. Lo más ostensivo de un sistema es su *totalidad*, mediante la cual el sistema exhibe un nivel irreducible de complejidad emergente de sus propiedades como un todo integrado.

Los sistemas existen dentro de un límite de *organización y estructura*. Según Maturana (1989), la *organización* consiste en las relaciones entre componentes, estática o dinámica; constituye una unidad compuesta de una clase particular. La organización hace a una unidad lo que es. La desorganización la destruye. Para que la unidad sea de algún tipo determinado, definible, la organización tiene que ser *invariable*, constituir una propiedad invariante del sistema. La *estructura* radica en los componentes actuales y su relación actual. Para que el sistema retenga su identidad como sistema de esa clase particular, las relaciones de organización deben permanecer invariantes, no así la estructura del sistema. *La organización es invariable y la estructura es individual*. Es posible cambiar la estructura sin destruir la organización, sin modificar la unidad en términos de identidad de clase. La estructura de sistemas dinámicos cambia constantemente: al moverse, al desarrollarse. Maturana y Varela (1984) refinan las reflexiones anteriores y definen como *organización* a las relaciones adecuadas entre los componentes de *algo*, para que a ese algo se le reconozca como miembro de una *clase* específica. Por *estructura* de algo se entiende a los componentes y relaciones los cuales, específicamente, constituyen una unidad particular realizando para su organización. Edward (1998) establece una concepción similar: el patrón de organización es la

configuración de relaciones entre componentes que determina las características fundamentales del sistema. La estructura es la corporeización física de su patrón de organización.

Por su parte, Morin (1993) consigna: “La organización es la disposición de relaciones entre componentes o individuos que produce una unidad compleja o sistema. La organización une de forma interrelacional elementos o individuos diversos que, a partir de este punto, se convierten en los componentes de un todo. La organización transforma, produce, reúne, mantiene”. Para Morin, la organización es un *macroconcepto* complejo (ver Capítulo 5), pues siempre es necesario concebirla de manera holística, formando una triada irreducible organización/sistema/interrelación. El orden organizacional es la “invarianza” o “estabilidad” estructural. Así, la estructura es el conjunto de reglas de ensamblaje, de unión, de interdependencia, de transformaciones y tiende, en el límite, a identificarse con la invarianza formal de un sistema. La organización es una noción más rica y compleja que la de estructura, pero el sistema no puede reducirse sólo a la organización. La estructura la corporiza. De igual modo, sólo mediante reglas estructurales no es posible deducir muchas propiedades y conductas de los sistemas, que dependen de la plasticidad de sus interrelaciones y emergencias. Entender el sistema sólo mediante la estructura es difuminar su complejidad, su riqueza fenoménica.

En apariencia, existe una incongruencia en la perspectiva acerca de qué constituyen relaciones *invariantes* en los sistemas. Maturana se refiere a la organización y Morin a la estructura. Ambos tienen razón. La diferencia radica en la dimensión temporal donde el observador ubica al fenómeno focal. Consideremos un sistema de organización de la vida tan diverso y persistente en el tiempo como los artrópodos, con millones de especies vivas o ya desaparecidas. Somos capaces de distinguir a cualquier organismo como perteneciente a los artrópodos, justamente por lo distintivo de su organización corporal, materializada específicamente por la estructura. No importa cuán diversas y diferentes entre sí puedan ser las estructuras individuales de cada especie de artrópodo, siempre seremos capaces de distinguir un

patrón peculiar de relaciones entre componentes, de organización, de un orden determinado. Al mismo tiempo, y gracias a la semejanza universal de la materialización del patrón *Arthropoda* de organización, somos capaces de identificar cualquier estructura particular, específica, relacionada con dicho patrón de organización. La organización, en sí misma, es inmaterial, porque son relaciones, lo que percibimos son estructuras corporeizantes de esas interrelaciones.

Maturana (1989) diserta: “Lo que le ocurre al sistema depende de cómo esté hecho. Las interacciones sólo pueden accionar cambios en él, no especifican qué tiene que ocurrir. Cuando una grabadora se pone en marcha, no se determina lo que va a ser grabado, simplemente se acciona. No se *instruye*.... El organismo especifica lo que admite como interacción. Organismo y ambiente actúan recíprocamente. Su dinámica de estado origina interacciones y la dinámica de estado del medio origina interacciones con el sistema vivo. La interacción está determinada por la estructura. El sistema activa un cambio de estado en el medio y el medio un cambio de estado en el sistema. ¿Qué cambio de estado? Uno de esos que permite la estructura del sistema. Lo que ocurre depende del contexto”.

Maturana prosigue, “En la interacción de un sistema vivo con su medio, lo que le ocurre al sistema es especificado por su estructura, pero la coincidencia de ambos selecciona los cambios de estado que ocurrirán. Medio y organismos seleccionan recíprocamente sus cambios de estado respectivos. La secuencia de los cambios viene determinada por la secuencia de interacciones. El medio selecciona el camino de transformación estructural que el organismo experimenta durante toda su vida. Hay cambios que son inherentes a la dinámica del sistema, pero las que tienen que ver con el medio las selecciona el medio. Las historias contextuales individuales determinan la secuencia de selecciones y transformaciones. La congruencia de un organismo con su ambiente es el resultado de su historia”.

Cillier (1998) anota, de manera congruente con lo anterior, que la noción de estructura pertenece al mecanismo desarrollado por el propio sistema para recibir, codificar, transformar y guardar información por un lado, mientras por otro es el

reaccionar a tal información mediante alguna forma de salida pero esa forma de salida no es deducible exactamente por el patrón de estructura- La estructura es lo que permite la autorrealización del sistema y su intercambio con el ambiente. Por su parte, Juarrero (1999) distingue en los sistemas una *estructura interna*, materializada por los componentes específicos y la relación entre ellos. La *estructura externa o condiciones de límites* son las interacciones entre los componentes y el ambiente; pero no el ambiente global, sino el que afecta y es afectado a su vez por el sistema. El patrón de organización no es una “cosa” física, sino relaciones de redes. Entre la organización y la estructura existe una multirrealización, no hay una relación uno-a-uno.

Por ejemplo, un automóvil, o una bicicleta, constituyen sistemas con una organización particular. La estructura estaría dada en las diferentes manifestaciones posibles, realizadas a través de lo actual, de esa organización: vagón, sedán, bicicleta de carreras, de montaña etc. De igual manera acontece en el mundo viviente. Es posible discriminar grupos de organismos con un tipo determinado de organización básica, aunque a la vez exhiban una gran diversidad de formas. Tal es el caso de los llamados tipos o filumes, como los ya mencionados artrópodos, que representan un nivel de organización corporeizado en cientos de miles de sistemas específicos, al igual que los mamíferos, aves o bacterias, con miles de formas o estructuras diferentes (Tal vez en el caso de las bacterias existan millones).

De acuerdo con Joslyn (1999), es posible reconocer dos grupos de definiciones sistémicas. A un grupo le llama *estructuralista*. Estas definiciones pueden tomarse como “estándares” o “clásicas” y se centran en los tipos específicos de relaciones entre tipos específicos de entidades. Ambos grupos conllevan la concepción de los sistemas como emergencias holísticas de relaciones entre entidades múltiples, llamadas partes o componentes, para formar la entidad global, con propiedades nuevas, que no pueden ser percibidas en las partes individuales. No es posible imaginar a los componentes como una colección simple, sino como

parte de un conjunto integrado, el cual resulta tanto de las entidades como partes, como de la manera particular en que las mismas están dispuestas; es decir, de sus interrelaciones mutuas y su organización.

Otra visión de los sistemas es la llamada *constructivista*. Esta perspectiva evita conceptos como la de entidades que existen con atributos específicos, sino contexto-dependientes. Los sistemas son concebidos como una región de algún espacio, incluso abstracto, el cual distingue de manera única y funcional. Esta visión enfatiza así la *percepción*, pero sobre todo la *distinción*. Goguen y Varela (1979) afirmaron que la construcción de distinciones es el acto más fundamental de la teoría de sistemas; es el propio acto de distinguirlo de su ambiente. Según Kamps (1991) y Rosen (1991), en nuestro mundo natural en evolución los sistemas emergentes nunca pueden ser suficientemente representados por sistemas formales con universos de discursos únicos, fijados y determinados *a priori*. Ellos sugieren una visión de sistemas abiertos en sí mismos, que definen y construyen sus propios elementos y, en el caso de sistemas de sujetos humanos, sus propios universos de discursos a través de procesos emergentes de su propia auto-creación y auto-modificación. Joslyn reflexiona que estos sistemas no están *compuestos* por cosas, sino más bien *definidos sobre* las cosas. Existe una distinción clara entre las propiedades físicas, de las “cosas” en el sistema, y de sus propiedades sistémicas como tal. Joslyn concluye, “No sólo es posible, sino deseable, desarrollar una conceptualización sintética de sistema, aprovechando ambos enfoques, el estructuralista y el constructivista”.

El pensamiento sistémico-complejo es también un pensamiento *contextual*. Para Salthe (1985), el *contexto* es una clase de *constreñimiento* de nivel superior, regulador de los resultados o procesos teniendo lugar en su jurisdicción. De acuerdo con Neuman (2001), el contexto representa el conjunto de relaciones referidas al límite ambiente-cuerpo. No existen sistemas sin contextos. En el caso de la conciencia, su contexto es la cultura, la de objetos externos a la misma; pero a la vez estos objetos han sido creados porque existe una conciencia. Ello constituye una

recursividad⁸ típica de los sistemas complejos, o círculo “virtuoso”, como le llama Morin (1989). El punto de llegada del bucle recursivo no se cierra sobre sí mismo de manera repetitiva -círculo vicioso-, sino ha creado algo diferente, ha engendrado una diferencia con respecto al contexto del punto de partida. Para Morin (1993), los constreñimientos son una consecuencia de ser el todo menos que la suma de las partes. Ello significa que, dentro de la totalidad, los componentes no pueden expresar todos sus estados posibles. Los constreñimientos posibilitan la cohesión, la existencia misma de los sistemas. La completa libertad de expresión de propiedades y posibilidades la ausencia de constreñimientos- caotizaría y desorganizaría al sistema. El constreñimiento es una idea deducible de la organización, de la red de interrelaciones entre componentes momento por momento.

De igual modo, Juarrero (1999) le otorga una importancia primaria al concepto de constreñimiento, el cual pudiéramos comprender como fuerzas o agencias limitantes en algún proceso. Los constreñimientos son generadores de causalidad. Es necesario tener en cuenta, en primer lugar, que no todo ambiente constriñe las cosas en él; los agregados y aglomeraciones no constriñen sus partes, porque estas no interactúan. Los objetos desconectados se mueven bajo la acción de fuerzas externas, con diferencias resultantes a partir de las superficies sobre las que se desplazan y de las propiedades de su forma y de su propia superficie. En cambio, los constreñimientos son propiedades relacionales adquiridas por los componentes en virtud de encontrarse cohesionados, integrados, en fin, unificados, en un todo integrado sistémico. Los constreñimientos introducen la no-equiprobabilidad, el orden, el no equilibrio. Los constreñimientos son agentes causales: cierran y limitan alternativas por un lado, pero también las abren. Y la génesis de lo causal está en la propia interacción.

Los llamados constreñimientos sensibles al contexto sincronizan y correlacionan elementos previamente independientes en un todo sistémico. Estos constreñimientos hacen posible el desarrollo de la complejidad; crean jerarquías químicas y biológicas. Por ejemplo, los bucles de retroalimentación en las

reacciones autocatalíticas⁹ constriñen el comportamiento de una serie de elementos y procesos, los dirigen y precisan. Juarrero enfatiza que los constreñimientos sensibles al contexto introducen la *historia*, porque el estado actual del sistema o proceso depende en parte de las peculiaridades del estado anterior; se incorpora el pasado al estado actual del sistema.

Por ejemplo, debido a las características de la articulación de la rodilla con la tibia, la pierna puede flexionarse hacia atrás, pero su movimiento está constreñido hacia delante. La pérdida de las clavículas constriñe el movimiento de las extremidades delanteras de los mamíferos, porque no pueden rotarlas; pero ello les posibilita desarrollar una veloz carrera. Pero a la vez, la presencia de esas mismas clavículas les permiten conexiones musculares a los primates antropomorfos con las cuales pueden braquiar (rotar los brazos), con todas las ventajas para la vida arbórea que ello implica. Eventualmente, esta libertad de movimientos fue “aprovechada” por nuestros antecesores lejanos para caminar erguidos y valerse creativamente de sus manos. Así, los constreñimientos no sólo reducen alternativas, también las crean; abren y cierran opciones. Es decir, los constreñimientos operan desde abajo-hacia-arriba abriendo y limitando posibilidades, mientras el sistema global opera desde arriba-hacia-abajo en el mismo sentido; posibilita y crea, a la vez que limita y regula. Los constreñimientos diversifican la variedad de estados que el sistema puede acceder, a la vez que fuerza o guían el cambio ulterior en determinados sentidos.

Bateson (1982) ha abogado por buscar “la pauta que conecta” las cosas; sus principios de organización, no los objetos aislados. Dicha pauta sería factible pensarla como una “danza” de componentes en interacción. Si se trata de una danza, sugiere Mayer (1998), entonces lo que nos interesa no son los estados, sino los procesos, los cambios en el tiempo y en el espacio. Capra (2002) sugiere que la complejidad es el indagar en las “conexiones ocultas” de los sistemas. En este mismo tono, Edgar Morin (1989) propone una perspectiva sistémica de confluencia, porque el sistema no es una unidad global, sino una macro-unidad, donde las partes

no se confunden o funden en él. El sistema es tanto la constitución de una unidad a partir de la diversidad de sus partes, como la constitución de la diversidad interna a partir de la unidad sistémica. La diversidad organiza a la unidad que organiza. El sistema es un *unitas multiplex*. Resulta fácil reconocer que la desviación hacia una visión holística absolutista es más factible si pensamos en *partes* como entidades constitutivas de sistemas, en vez de en términos de *componentes y propiedades de relación o proceso, de comportamiento*. Esta última concepción nos brinda un espacio para la contextualización y la individualización de los fenómenos.

E, O. Wilson (1998) asegura: “El mayor reto de hoy, no sólo en la biología celular y en la ecología, sino de toda la ciencia, es la descripción precisa y completa de los sistemas complejos. Los científicos han desmenuzado muchas clases de sistemas. La próxima tarea es reensamblarlos. El éxito de esta empresa será medido por el poder que adquieran los investigadores de predecir fenómenos emergentes. Ese es en términos sencillos el gran reto del holismo científico”. Wilson se encuentra convencido de la factibilidad de reensamblar los fenómenos complejos, incluyendo las emergencias. Y prosigue: “La complejidad es lo que interesa a los científicos al final, no la simplicidad. El reduccionismo es la vía de entenderla. El reduccionismo es la actividad esencial y primaria de la ciencia”.

De manera conclusiva, Wilson subraya, “El *reduccionismo* parece ser hoy la mejor vía obvia para tener un conocimiento construido del mundo físico. El reduccionismo es el *filo cortante* de la ciencia, la fragmentación de la naturaleza en sus partes constituyentes. Es la estrategia de búsqueda empleada para encontrar puntos de entrada en, los de otra manera, impenetrables sistemas complejos... Pero los científicos no sólo hacen disección y análisis, sino también integración y síntesis. Los científicos, aun los más estrechos de miras, todavía piensan todo el tiempo acerca de la complejidad. Para hacer cualquier progreso, deben meditar acerca de los retículos de causa y efecto a través de niveles adyacentes de organización desde partículas subatómicas hasta organismos y especies- deben pensar en el diseño escondido y las fuerzas de los retículos de causación”. Wilson reconoce la estructura

en red del mundo, lo que es en sí mismo un alerta contra el reduccionismo, mientras paradójicamente estimula la aplicación de este enfoque para la comprensión de los fenómenos complejos. Sin embargo, la aplicación del análisis reduccionista sólo resulta factible en fenómenos o procesos lineales, no en los procesos de reticulación.

Por otra parte, y como expone Capra (1996), el gran *shock* para la ciencia contemporánea ha sido la realización de que los sistemas no pueden ser comprendidos por medio del análisis. Las propiedades de las partes no son propiedades intrínsecas, sino contextuales; las partes sólo son coherentemente comprendidas en el contexto de un conjunto mayor. En consecuencia, la relación entre las partes y el todo ha quedado invertida. En el planteamiento sistémico, las propiedades de las partes sólo se pueden comprender desde la organización del conjunto; por lo tanto, el pensamiento sistémico no se concentra en los componentes básicos, sino en los principios esenciales de organización. El pensamiento sistémico es *contextual*, en contrapartida al analítico. Análisis significa aislar algo para estudiarlo y comprenderlo, mientras que el pensamiento sistémico enmarca este algo dentro del contexto de un todo superior.

De igual modo, Ferguson (1998) argumenta que las totalidades no pueden ser comprendidas por medio del análisis reduccionista, porque, a mayor complejidad, se incrementan los vínculos entre componentes y los procesos emergentes, que eluden las predicciones analíticas. Estos fenómenos son imposibles de predecir hasta que, literalmente, se manifiestan en la realidad, como resultado de las interacciones entre los elementos del sistema. Los fenómenos emergentes, consustanciales de los sistemas complejos, evaden el reduccionismo, porque son fenómenos sistémicos y se manifiestan únicamente en la totalidad. El holismo afirma Ferguson- es autocreador, y sus estructuras finales son aún más holísticas que las estructuras iniciales. Así, mientras más complejo se manifiesta un sistema es cada vez menos asimilable por el escrutinio analítico-reduccionista. Por su lado, Wimsatt (1982) apunta, “el holismo¹⁰ le otorga significado y autonomía a entidades a un nivel superior irreducible, pero se debe aceptar al mismo tiempo un

reduccionismo *complejo*". De esta manera, sentencia S. D. Wilson (1988), el holismo ocupa un lugar sólido en cualquier disciplina, incluyendo la ecología y la evolución.

Por su lado, Morin (1993) alerta: "la explicación reduccionista de un todo complejo en las propiedades de los elementos simples desarticula, desorganiza, descompone y simplifica lo que constituye la realidad misma del sistema: la articulación, la organización, la unidad compleja. Ignora las transformaciones de las partes, las emergencias. Pero el 'holismo' como contraposición al 'reduccionismo' puede conllevar a una reducción al todo, desaparecer las partes en tanto que partes, la noción y el efecto de los constreñimientos. Reduccionista u holista, la explicación, en uno y otro caso, busca simplificar el problema de la unidad compleja. Una reduce las propiedades del todo a las propiedades de las partes y la otra reduce las propiedades de las partes a las propiedades del todo. No debe haber aniquilación del todo por las partes, ni de las partes por el todo". De acuerdo con Morin, ambas explicaciones o cosmovisiones, el reduccionismo y el holismo, en un sentido totalitario, si bien resultan antagónicas y rechazables entre sí, ponen de relieve el mismo metaparadigma: el de la simplificación y la disyunción.

Lo fundamental es el principio de la articulación, ya esbozado por Pascal: 'Por lo tanto, siendo todas las cosas causadas y causantes, ayudadas y ayudantes, mediatas e inmediatas, y manteniéndose todas por un lazo natural e insensible que liga las más alejadas y las más diferentes, tengo por imposible conocer las partes sin conocer el todo, así como conocer el todo sin conocer particularmente las partes'. "Todavía reconoce Morin- no estamos al nivel de tal formulación. Ni las partes son reducibles al todo ni el todo a las partes. El todo no es sólo emergencia, es en sí mismo una parte, un componente 'holístico', una unidad compleja". Como reza el proverbio chino, "Se dice que las hojas veneran al árbol, pero cuando cae una hoja, el árbol se estremece".

Morin (1989) advierte que un holismo desenfrenado podría acarrear el agnosticismo y el misticismo, mientras Mayer (1998) reafirma que un holismo

radical es tan arriesgado como el reduccionismo y ambos podrían conducir a la irracionalidad y a la imposibilidad misma del conocimiento. De modo semejante, Novo (1998) expresa, “Si lo que se pretende desarrollar es un modo de investigar y proyectar que alcance más allá del reduccionismo y del holismo, entonces es necesario fluir en torno a la idea de una *unidad compleja*, que enlace el pensamiento analítico-reduccionista con el pensamiento integrador”. Por su parte, Mabel (2004) dilucida que el *todo* no significa totalidad. La perspectiva holística es una perspectiva de los *todos*, de acuerdo a un principio hologramático (*holos*: todo- *gramma*- dibujar, inscribir). Morin vincula lo hologramático a un principio retroactivo y recursivo: el todo está engranado en la parte, que está incluida en el todo.*

Mabel enfatiza: “Los *todos* son pluralidades, configuraciones naturales... La totalidad es la ambición de abarcar todos los todos. Eso es imposible e indeseable... Imposible, porque no existe un punto de vista privilegiado, 'absoluto' y por el propio cambio de la realidad”. Ciurana (2000) distingue entre “totalidad” y “globalidad”. La totalidad evoca algo completo en sí mismo, en un sentido absoluto, cerrado. Sin embargo, Ciurana enmarca el término “globalidad” dentro de una perspectiva sistémica-organizacional. La globalidad es un pensamiento relacional, por lo tanto, es un pensamiento de apertura. De cualquier manera, anota Ciurana, no existen sistemas totalmente cerrados ni tampoco podemos clausurar totalmente los conceptos.**

*Como enfatizamos en el prefacio, siempre existen antecedentes en cualquier vertiente del pensamiento humano. Por ejemplo, el conocido escritor decimonónico, Alejandro Dumas (padre) razonaba en términos hologramáticos: “Todo cabe en lo breve. Pequeño es el niño y encierra al hombre; estrecho es el cerebro y cobija el pensamiento; no es el ojo más que un punto y abarca leguas”.

**De atenernos a estas distinciones, entonces la metáfora de la homogeneización ecuménica de la economía y la cultura bajo el término “globalización”, de connotaciones nefandas, sería tal vez más correctamente referida como “totalización”. Parece ser que este es uno de los casos donde la perspectiva holística, si se contempla en un plano de holismo totalizante y clausurado, no emergente y abierto, resulta desacertada o mal usada, como señala D. S. Wilson (ver nota 10) En diferentes ocasiones, Edgar Morin ha hecho alusión a la “planetarización” de la cultura en el mismo sentido que aquí concebimos la “globalización:” Es decir, como una consecuencia necesaria e inevitable de la articulación de las diferentes, pero al mismo tiempo comunes, necesidades y aspiraciones del ser humano.

Morin (1993) propone pensar más allá del holismo y el reduccionismo, lo que significa pensar en *circuito relacional*. La realidad misma del sistema es la articulación, la organización, la unidad compleja. De este modo, es necesario tener en cuenta una descripción y explicación recursivas: la descripción (explicación) de las partes depende de la del todo que depende de la de las partes. Así, se integra un circuito o bucle relacional entre partes, interrelaciones, organización y todo. Ciurana (2000) continúa con la idea de circuito o bucle de razonamiento: “Efectivamente, se trata de pensar en conjunto...la complejidad huye tanto del reduccionismo a la parte como del reduccionismo al todo al mismo tiempo que tiene sentido del carácter circulante del conocimiento”. Y, en cita a Bachelard, Ciurana trasluce una comunión, no sólo con un razonamiento en *circuito*, sino en *retículo*: “Lo simple es siempre lo simplificado...pero es tan grande la tentación de una rápida claridad, que se olvida que no hay fenómenos simples; *el fenómeno es un tejido de relaciones*. No hay naturaleza simple; ni sustancias simples; la sustancia es una contextura de atributos. No existe la idea simple, porque una idea simple debe insertarse, para ser comprendida, dentro de un sistema complejo de pensamientos y de experiencias...Es pues vano perseguir el conocimiento de lo simple en sí, del ser en sí, porque es lo compuesto y la relación lo que suscitan las propiedades, es la atribución la que esclarece el atributo”.

Ciurana (2001a) redondea estas ideas: “El paradigma de la complejidad nos facilita una nueva mirada sobre el “objeto” y fenómeno complejo: un fenómeno interrelacional, un *objeto-sistema*. ... el problema que pretende resolver el *paradigma de complejidad* es cómo abordar lo real en la forma menos reductora posible. ... En lo que sigue proponemos una forma paradigmática de pensar concurrente al paradigma de simplificación. Concurrente, pero al mismo tiempo va más allá de este modelo de pensamiento simplificador...creemos que el pensamiento simplificador y disyuntor ha tocado fondo. La complejidad no quiere complicar lo que es simple o lo que se pueda simplificar. La complejidad no reduce la visión de lo real ni a lo meramente analítico ni a lo holístico. Es la relación entre los momentos del análisis y

de la síntesis lo que importa. *Es la relación, el tejido de relaciones lo que nos permite concebir el fenómeno*. De ahí la necesidad, nos dirá Edgar Morin, de hacer de la concepción (conceptualización) un *arte*. *Un arte complejo o arte de concebir las interacciones*; las interferencias; los entre-cabalgamientos sistémicos”.

De acuerdo con Maturana (1975), los sistemas vivientes son entidades compuestas, estructuralmente determinadas, existentes en dos dominios fenoménicos que no se intersectan: el dominio de operación de sus componentes, esto es, de su dinámica estructural; y el dominio en que tales entidades son totalidades y en el cual operan como tales. En este caso, pudiera pensarse que este es el dominio de la organización y las emergencias. Como estos dominios no son intersectables (aunque están embebidos uno en el otro), no es posible utilizar el análisis reduccionista para la comprensión de estos sistemas, agrega Ruiz (1999). Los seres vivientes son sistemas abiertos y, como Rosen (1991) asevera, la esencia de un sistema abierto es la necesidad de invocar a un “afuera”, o un ambiente, para poder discernir que sucede “adentro”. Capra (1996) avizora que, si la explicación en términos de contexto significa la explicación en términos de entorno, entonces podemos también afirmar que el pensamiento sistémico es un pensamiento medio-ambiental. Así, en la descripción de todo sistema complejo, en especial los sistemas vivientes, debe incluirse su entorno (Kersey, 2000; Wagensberg, 2000). Por eso el enfoque reduccionista tradicional no es aplicable para los sistemas abiertos, porque existe un “componente”, el entorno, que es una interacción compleja, dinámica y contextual, entre el interior del sistema y su exterior.

“La complejidad -asegura Ferguson (1998)- ha conducido al desvanecimiento de la obsesión por encontrar un último elemento *simple* en los sistemas...La perspectiva de la complejidad se reconoce por la necesidad de ligar el fenómeno observado al sujeto observador y el objeto a su entorno”. Nafarrate (1998) asevera que el concepto de *complejidad* es utilizable para determinar formalmente la relación sistema/entorno. Con este prisma, un sistema es complejo si, para operar, necesita realizar una *selección* entre sus componentes. Un sistema complejo no lo

puede poner todo en marcha al mismo tiempo. Según Nafarrate, un sistema es siempre, cuantitativamente, menos complejo que el entorno; pero al mismo tiempo, cualitativamente, es más complejo. Lo primero es debido a que en el entorno existen otros sistemas. Lo segundo, porque el propio sistema mantiene su identidad sin diluirse en la complejidad ambiental y puede adecuarse a cambios de su ambiente.

En todos los casos, está implícita la concepción invariante de una distinción, límite o frontera, entre cualquier sistema y su ambiente. No obstante, a esa delimitación o frontera entre el interior y el exterior es posible visualizarla como la línea imaginaria que, a la vez que separa, individualiza y distingue, une y aproxima al sistema con su entorno (Novo, 1998). Cambios en el interior del sistema inducen cambios en el exterior y viceversa; ambos universos se influyen mutuamente a través de esa interfase común, la cual Wagensber (2000) califica tanto de real como de imaginada. Esta interfase, que caracteriza la propia identidad del sistema, la vamos a considerar el *entorno* del mismo. A diferencia de los sistemas complicados, en la identidad de los sistemas complejos se encuentran incluidos su *entorno* y su *historia*, porque los estados actuales del sistema constituyen, en buena medida, una consecuencia de las peculiaridades de los estados que los precedieron en el tiempo y en el espacio.

Si en la descripción y comprensión de los sistemas complejos debe estar incluido su entorno y su ambiente, entonces resulta obvia la inaplicabilidad del análisis reduccionista tradicional. De esta manera, se debe focalizar un sistema mayor, no uno más pequeño, para describir qué ocurre. Como afirma Juarrero (2002), en la identidad de los sistemas dinámicos complejos las relaciones externas son tan críticas como las internas. El entorno es parte de esa identidad, de su individuación. Los individuos, más que cosas u objetos, son procesos dinámicos, redes de relaciones. Los individuos son *historias de procesos*; el ambiente y su historia son tan críticos como los procesos internos. Juarrero sugiere que las propiedades de identidad/individuación de un sistema dinámico complejo están dadas, ante todo, por su trayectoria histórica; por lo tanto, lo concerniente a la identidad es un proceso

extendido en el tiempo. La identidad de un sistema tiene su historia grabada en la estructura dinámica sistémica. El desarrollo identitario es también un proceso embebido-extendido en el espacio, entonces las relaciones ambientales, de entorno, son también críticas.

La identidad se materializa en una trayectoria conceptualizada como una unidad, no obstante la variabilidad y las discontinuidades; es una trayectoria genealógica, histórica y contextual, no es reducible a explicaciones o derivaciones deductivas. Los seres vivos interactúan, no se deducen los unos a los otros. El individuo es también una “estructura de proceso”. Esta conceptualización de una identidad procesal y dinámica se nos presenta con nitidez si pensamos en la metamorfosis de los insectos holometábolos, o en la de renacuajos a ranas o sapos adultos. La identidad se percibe así como una dinámica procesal, relacional, entre diferentes *espacios de estados* actuales del individuo. Es una unidad dinámica histórica, a un macronivel cuya realización estructural es susceptible, y en ocasiones inevitable, de cambiar en el tiempo.

Salthe (1985) manifiesta que los sistemas complejos deben estudiarse desde una perspectiva triádica, lo cual es congruente con la concepción holística y ambiental de los mismos. Según Salthe, un **sistema básico triádico** es el conjunto fundamental de relaciones de constreñimientos que existen entre entidades en cualquiera de tres niveles contiguos de organización. Es posible discernir un sistema o nivel focal, un nivel de componentes y un nivel de ambiente o entorno. Es una estructura triádica dialéctica-dialógica. Salthe endosa que las relaciones triádicas son absolutamente irreducibles. Por otra parte, las relaciones tipo diádicas son características de las interacciones y correlaciones mecánicas, mientras las triádicas se manifiestan especialmente en las actividades generadoras de significado, a cualquier nivel en la naturaleza.

Sotolongo (2002b) coincide con estos razonamientos y resalta las características de los componentes de estas estructuras epistemológicas. Sotolongo discierne el *nivel focal ontológico*, el cual representa el todo centralizado por el

observador para su caracterización y estudio. También es necesario tener en cuenta el *nivel que subyace* donde interaccionan los componentes- y el *nivel superpuesto*, conformado por el entorno. El nivel focal está embebido en los otros dos. Ninguno de los niveles debe verse con preeminencia ontológica sobre los otros dos. De hecho, el nivel focal se encuentra siempre anidado o embebido entre los componentes y el ambiente. Sotolongo sugiere que sus “números ordinales” no serían 1 -nivel de componentes-, 2 -nivel enfocado- ó 3 -nivel del ambiente-, sino que la sucesión adoptaría la siguiente secuencia: 1-3-2.

Ofrecemos una reseña de una especie de “decálogo sistémico”, compilado de Morin (1989, 1993). A través de estas sentencias se destaca la dialéctica contradictoria de la dinámica sistémica. Sugerimos más adecuado pensar, en lugar de partes, en términos de componentes:

- **El todo es más que la suma de las partes.** Por las propiedades emergentes del sistema, por su propia holicidad.
- **El todo es menos que la suma de las partes.** No existe un “reduccionismo holístico”. No sólo existe el todo. No todas las propiedades del todo, latentes en sus componentes, se expresan, debido a la acción de constreñimientos en el sistema, se limitan las posibilidades de los componentes. Existen constreñimientos tanto de abajo-hacia-arriba, como de arriba-hacia-abajo. Es la dialógica todo-parte. En palabras de Richardson (2004), un sistema tiene propiedades holísticas no manifestadas por ninguna de sus partes y sus interacciones; pero las partes ostentan propiedades no manifestadas por la holicidad sistémica.
- **El todo es más que el todo.** El todo retroacciona sobre los componentes y viceversa; es una organización dinámica, multirrealizable y multiexpresable, en dependencia del contexto. El todo no es siempre el mismo, tiene la capacidad de adaptarse y evolucionar, de ser autocreativo y autogenerativo. Richardson comenta el “principio de oscuridad o incomprendibilidad”, acerca de que ningún sistema puede ser comprendido totalmente. Así, la

mejor representación de un sistema complejo es el sistema en sí mismo.

- **Las partes son a la vez menos y más que las partes.** La interrelación entre componentes genera emergencias a nivel sistémico, las cuales inducen comportamientos que superan las posibilidades de los componentes, pero al mismo tiempo los constreñimientos de arriba-hacia-abajo que suscita toda emergencia limita a los componentes.
- **Las partes son eventualmente más que el todo.** Sobre todo aplicable a la cultura humana. Pequeños grupos de componentes pueden subvertir la organización de la totalidad e instaurar una nueva organización. La conciencia humana piensa en el universo del cual se ha originado y dentro del cual está embebida, pero el universo físico no es consciente (a menos que asumamos que el universo se piensa a sí mismo a través de nuestra conciencia). Morin discurre que la superioridad o “progreso” no reside necesariamente en la construcción de totalidades cada vez más amplias, sino en el incremento de las libertades e independencias de las partes. Y a continuación cita a Pascal: “Si el universo llegará a aplastarlo, el hombre todavía sería más noble que aquello que le mata, porque sabe que muere, mientras que de la ventaja que el universo tiene sobre él, el universo no sabe nada”.
- **El todo es menos que el todo.** En el todo hay zonas de sombra, de ignorancia, de exclusión. La propia holicidad de un sistema lo ciega parcialmente. La totalidad es ignorante de las partes (sociedad-individuo, individuo-células).
- **El todo es insuficiente.** Lo cual se desprende de lo anterior. El todo no puede “controlar” a todos y cada uno de sus componentes. Determinados procesos en componentes o subsistemas pueden desencadenar la desorganización del todo.
- **El todo es incierto.** Cada todo es todo, y a la vez es parte de otro sistema de referencias. No es posible establecer límites agudos y precisos en un retículo

de sistemas.

- **El todo es conflictivo.** El todo contiene fuerzas que no sólo se niegan de manera dialéctica las unas a las otras (son fuerzas constructivas, creativas), sino también posibilita la existencia de fuerzas antagónicas, que podrían conllevar a su destrucción. Ello es observable en todo tipo de sistemas, en ecosistemas, en procesos cancerígenos en los organismos, en sistemas complejos efímeros como tornados o ciclones y en sistemas socio-económicos.

A manera de resumen, recabamos a Morin (1993): “El sistema es la complejidad de base, pero la complejidad no es reducible al sistema, es el *circumplejo* (círculo relacional), lo procesal”. De igual modo, Morin aclara que no existe desarrollo lineal de la complejidad. La complejidad es compleja, desigual e incierta: “No hay preferencia en la complejidad del macrosistema sobre el microsistema que integra: así el átomo es de organización mucho más compleja que la molécula; la organización de los unicelulares es mucho más compleja que las primeras organizaciones pluricelulares; los individuos humanos, por su aptitud reflexiva y su conciencia son mucho más complejos que las sociedades de las cuales forman parte. Las ideas nacidas en las sociedades humanas son aún mucho menos complejas, en cuanto a su organización en sistemas teóricos, que la organización del ser vivo más pequeño”.

Morin también se muestra reticente en endilgarle a los seres vivientes el epíteto de sistema viviente. En su parecer, los seres vivientes, sin dejar de ser sistemas, son mucho más que sistemas; “La existencia, la vida, desborda por todas partes la noción de sistema; la envuelve, pero no es envuelta por ella... El término sistema vivo es una abstracción demencial si hace desaparecer todo sentido de la vida.... Qué terrorífica pobreza la de no percibir en un ser vivo más que un sistema. Pero qué tontería no ver también allí un sistema”. En otro apartado destaca, “Cuanto más se sobrepasa al sistema, más necesidad se tiene de este. Allí donde la teoría del sistema es cada vez menos suficiente, es donde se hace cada vez más

necesaria.... La teoría del sistema toma vida allí donde hay vida y su interés teórico más grande se despliega a nivel de las sociedades humanas que, por otra parte, sería grosero y mutilante reducir a la noción de sistema”.

Morin no se sonroja cuando le otorga a la vida y a las sociedades humanas cualidades transgresoras de la simple integración de interacciones entre componentes. El pensamiento complejo acepta no sólo la explicación, sino el reconocimiento y la comprensión de los fenómenos. La metáfora-guía básica de Morin aparenta ser las triadas irreducibles, el bucle recursivo, el circuplejo, el circuito relacional de sistemas de sistemas, y el principio dialógico. En palabras de Ciurana (2001a), un principio dialógico es un principio complejo, porque nos hace unir en un mismo espacio y tiempo lógicas excluyentes, pero que, al mismo tiempo, deben ser complementarias: orden y desorden; necesidad y azar; determinismo e indeterminismo. Nuestra metáfora-guía, que incluye la Moriniana, es la de la red de redes, la de retículos de retículos, el tejido de interacciones. Cualquier sistema, a cualquier nivel de la ontología del Universo, es un retículo, una red de procesos embucantes canalizados a través de una estructura adecuada para ese retículo procesal.

ENTRE EL ORDEN (CRISTALIZADO) Y EL CAOS.

La complejidad es orden alejado del equilibrio. Es ya casi un axioma escuchar o leer que la complejidad se encuentra *entre el orden y el caos*. Sametband (1999) identifica a los fenómenos complejos como aquellos que se encuentran en el nivel intermedio entre el orden congelado de las moléculas de una estructura cristalina y el movimiento desordenado de las moléculas de un gas ideal en equilibrio termodinámico. Gell-Mann (1998) acota, “Las condiciones intermedias entre el orden y el desorden absolutos caracterizan el medio ambiente en que puede lograrse

la vida, y también la propia vida, con su alta complejidad efectiva...”. Ello sugiere que el ambiente no puede ser tan ordenado y con tan poca información que no suceda nada, ni tan desordenado donde las posibilidades de adaptación sean nulas, porque no sea posible seleccionar, procesar ni almacenar información, debido a que la información potencial exista en un estado de incoherencia o azar total.

McShea (1991) afirma que *orden* es lo opuesto a *complejidad*, debido a que un sistema ordenado tiene unas pocas clases de partes diferentes, arregladas de tal manera que el patrón es fácilmente especificado. Sistemas regulares, redundantes y homogéneos son ordenados, como los átomos en la estructura de un cristal inorgánico. De manera similar, Simon (citado en Buchanan, 2004) declara que el propósito de la ciencia es encontrar simplicidad comprensible en medio de la *complejidad desordenada*. En realidad, se trata de un doble enunciado, pues postula que lo importante en la ciencia es comprender lo simple, y que la complejidad implica desorden. En las reflexiones del acápite anterior se comprende que la *complejidad es compleja*. Por consiguiente, no es posible simplificarla, sino comprenderla en su propia consustancialidad compleja. Por otra parte, los fenómenos complejos exhiben un elevado nivel de orden y organización.

Para McShea, un sistema complejo puede estar organizado, como un automóvil; o también desorganizado, como un montón de chatarra. Valentine *et al.* (1994) respaldan este criterio, basado en la *complejidad algorítmica*, o longitud de la descripción mínima. Según estos autores, como los organismos son muy complejos, no deben estar muy ordenados, sino organizados. De este modo, la complejidad y organización de los organismos derivan, en última instancia, de sus historias evolucionarias y, de manera más inmediata, de sus procesos de desarrollo. Los organismos, puesto que desempeñan ciertas funciones imposibles de realizar por un sistema desorganizado de igual complejidad, deben estar bien organizados, aunque no sean muy ordenados. Valentine y colaboradores proponen el número de tipos de células como un índice de complejidad morfológica.

Por su parte, Ibáñez (1991) alerta que el orden puede ser al mismo tiempo

“objetivo” y “subjetivo”, lo cual alecciona con un sencillo ejemplo. En la siguiente serie numérica, 1, 2, 3, 4, 5, 6; se percibe un orden “natural”, “objetivo”, dado en el patrón o arreglo de secuencia consecutiva y ascendente que muestra. El segundo arreglo, 5, 4, 2, 6, 3, 1, parece “desordenado”, azaroso. Sin embargo, si sustituimos cada número por su nombre en el idioma español, entonces emerge un patrón de orden consecutivo y lógico, en progresión lineal, de acuerdo con la ubicación de las letras en ese alfabeto. Ibáñez nos dice que el orden es un producto de la interferencia entre las acciones objetivadoras del sujeto y el objeto. Es decir, que el orden aparente es también una apreciación de los fenómenos desde determinado horizonte de sentido, en el cual se encuentra embebido el sujeto. Desde este horizonte o retículo de sentido, El sujeto objetiviza su objeto o sistema-objeto bajo escrutinio.

Desde otro ángulo, Stuart Kauffman (1993, 1996, 2000), en cada uno de sus sugerentes y originales libros, nos contagia con un asombro genuino ante el orden espontáneo que por doquier se manifiesta en el universo. Este orden espontáneo, que él llama “orden por la libre” (*order for free*), caracteriza a los sistemas complejos. Monod (1971) expresó: “La evolución es azar capturado por el viento”. Por el contrario, Kauffman asevera que el abrumador orden espontáneo del universo, la complejidad creciente en el tiempo de los seres vivos y el advenimiento de la conciencia, es esperado. Es la consecuencia inevitable de la manifestación de leyes y fuerzas simples* enraizadas profundamente en la materia. Nicole y Prigogine (1989) también propugnan que la complejidad, cuando son cumplimentadas las condiciones adecuadas, es una consecuencia inevitable de las leyes físicas. Es posible asumir, junto a Kauffman, la realidad de un orden ontológico, natural y espontáneo, consustancial de, y engendrado por, los sistemas con comportamiento complejo. De esta manera, y en contraposición a lo discurrido por McShea y

**Estas ideas constituyen un tópico abierto. Autores como Morin y Ciurana no admiten pensar en la complejidad sobre la base de interacciones simples. No existe simplicidad como fenómeno-base de la complejidad. La complejidad es una manifestación de la complejidad, es connaturalmente compleja. Fuerzas y leyes que co-determinen fenómenos simples no podrán co-determinar fenómenos complejos. La complejidad es cualitativamente distinta a la simplicidad.*

Valentine y colaboradores, la manifestación de lo complejo es una manifestación de *orden*, que emerge de manera espontánea en la naturaleza y en las interacciones entre grupos de seres vivos y entre grupos sociales humanos. No obstante, aún no poseemos una teoría satisfactoria del por qué existe una biosfera bullente, compleja, y en incansable co-construcción de sí misma (Kauffman, 2000).

De acuerdo con Yagil (2000), un sistema ordenado es aquel donde cada componente ocupa las mismas coordenadas en cada estado del sistema. Yagil selecciona a una estructura cristalina como ejemplo de configuración ordenada, pero, contracorriente, consigna que los cristales no son un buen modelo de lo ordenado. Sucede que los cristales son extremadamente *regulares*. Sus componentes (átomos) no sólo están ubicados en posiciones espaciales específicas, sino que estas posiciones *manifiestan relaciones espaciales repetitivas entre ellas*. Desde de este punto de vista, la *regularidad* no es una condición necesaria en una estructura para considerarla ordenada. Un ejemplo de estructura altamente ordenada, pero con muy pocas regularidades, es la molécula de ADN. Si se altera el orden de las secuencias de bases nitrogenadas de ADN, se cambia o pierde el “significado” o función de la molécula. Las secuencias ordenadas de un sistema pueden ser *reproducidas*; es posible discernir un “diseño” reproducible en el orden. Por otro lado, un sistema *desordenado* es aquel donde la posición y momento de cada componente no tiene un valor fijo, como las moléculas de un gas en un recipiente. No existe un diseño funcional o estructural; son irreproducibles. Yagil admite que la complejidad estructural puede ser atribuida sólo a las coordenadas ordenadas de un sistema.

Esta es una característica interesante del orden de los sistemas complejos. El orden tiene un *sentido* para el propio sistema, debido a que pequeños cambios en el orden pueden provocar cambios drásticos en el sentido, lo cual es un resultado de la no-linealidad consustancial de los sistemas complejos. Si se altera la secuencia de bases nitrogenadas de una molécula de ADN, cambia por completo el “sentido” de su mensaje como codificadora. Lo mismo sucede con el orden estructural del

lenguaje como generador de sentido. Por ejemplo, el primer versículo de la Biblia reza: “En el principio Dios creó a los cielos y la tierra”. Un pequeño cambio de orden como el siguiente: “En el principio la tierra creó a Dios y los cielos”, cambia de manera extraordinaria el significado y sentido de la sentencia, y el propio fundamento de una fe religiosa.

La complejidad no es un concepto estructural en sí mismo; sino relacional, organizacional, procesal, de *sentido*. Todo orden estructural no es necesariamente complejo, aunque estructuras altamente ordenadas pueden ser muy complejas. El “orden por la libre”, el orden impactante de los seres vivos, de los ecosistemas y de la biosfera, es un orden dinámico, que rompe simetrías y se encuentra alejado del equilibrio termodinámico. Es el orden de la *autoorganización*, sobre el cual reflexionaremos más adelante. En ello radica la confusión de McShea (1991) y Valentine *et al.* (1994). Ellos identifican la complejidad con lo estructural, con la forma, con el patrón visible; pero la complejidad es, ante todo, vínculo, recursividad, relación, proceso, retículo relacional, dinámica no-lineal y sentido.

Edgar Morin insiste que la complejidad, al ser un pensamiento dialéctico, no percibe orden y desorden como antagónicos, sino como complementarios, contextuales. De hecho, Morin propone que la materialización de lo complejo conforma una triada entre orden, desorden y organización, interrelacionados a través de la interacción. Caos es lo que existe antes de distinguir y separar, entre el orden y el desorden. De otra manera, pudiera también pensarse que el caos es desorden y, en consecuencia, la noción de lo caótico sería contrapuesta a lo complejo. Pero lo caótico tampoco es un concepto muy diáfano. El caos del cual se ocupa la ciencia actual es llamado “determinista” (Munne, 1994; Schifter, 1996; Sametband, 1999). Sametband distingue al caos de azar (desorden) del caos determinista (interfase entre orden y desorden). A este último lo delimita como la estructura de sistemas complejos ordenados. Con esta perspectiva, el orden y el caos también pueden ser consustanciales con lo complejo.

La complejidad no es caos, pero los fenómenos complejos son en sí mismo

caóticos, debido a su no-linealidad, lo cual implica sensibilidad extrema a variaciones del contexto y a lo imposible de figurar una predicción *precisa*, por parte de un observador, de cómo podría evolucionar un sistema complejo en un futuro dinámico y desconocido. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la imposibilidad de predecir con exactitud no implica imposibilidad de prever acertadamente. Tal vez la distorsión de las perspectivas provenga de confundir un tipo de práctica o análisis con epistemología o cosmovisión. En el primer caso, “caos” sería una disciplina de las matemáticas que es capaz de explicar cómo un sistema determinista puede generar resultados impredecibles, aun cuando las condiciones iniciales no sean muy diferentes unas de las otras (Capra, 1996; Cillier, 1998). Goldenfield y Kadanoff (1999) enfatizan que en esta impredecibilidad de los fenómenos caóticos, los errores e incertidumbres concomitantes pueden crecer exponencialmente.

El concepto de lo *caótico* se asocia generalmente con lo desordenado, lo improductivo, lo indeseable. Así, la cotidianidad contemporánea lo ha heredado desde la pulcritud determinista y precisa de la ciencia clásica. Por el contrario, en la cosmovisión de diversas culturas antiguas, el caos se imaginaba, no como un desorden destructor de lo existente, sino como fuente generadora de orden. En realidad se asociaba con ideas que niegan tanto un orden como un desorden, según se observa en la mitología del Antiguo Egipto con el padre de los dioses, Nut, y en la mitología babilónica, con Apsu y Tiamat, que surgen de un *magma** primitivo. En la Grecia presocrática, Anaximandro de Mileto concebía el caos (*apeiron*) como lo indeterminado e infinito generador de todas las cosas, y Anaxágoras lo concebía a partir de una mezcla primitiva donde todas las cosas están en germen y que hace posible que el *nous*, principio del orden, las haga realidad. Otro griego, Hesíodo,

*Diferentes autores contemporáneos se refieren a los fenómenos complejos como *magnéticos*, para distinguirlos de la perspectiva fenomenológica tradicional, la cual es *identitaria*. Es decir, los fenómenos clásicos tienen una identidad bien definida, son fácilmente clasificables. Los fenómenos complejos son como un *magma*, símbolo de algo que fusiona, embebe y cuyos límites son porosos, difusos “*candentes*”; en otras palabras, irreducibles.

imaginaba que el Caos fue lo primero, y luego la Tierra. En la cultura oriental, El Ying y el Yang chinos surgen del caos como los dos principios complementarios generadores del universo, el femenino y el masculino, respectivamente.

En palabras de Munne (1994), el caos determinista es un no-orden, es “*otro*” orden. Para Munne, es necesario entender al caos “como un 'orden' en actividad... un fenómeno creador, del que emerge el orden. Es en este sentido que las teorías del caos pueden calificar a este fenómeno de determinista, pues ponen de manifiesto no sólo los procesos que intervienen en él sino también los parámetros que los configuran.... Si el caos genera orden, es porque consiste en 'otro' orden: un 'orden' distinto, por opuesto, a lo que consideramos como orden... El orden supone control, por lo que el no-orden del caos es la falta de control, pero no el descontrol de lo que se considera orden, lo cual sería seguir intentando controlar sin éxito aquel orden y no habría autoorganización. Como determinista y autoorganizador, el caos parece ser otro modo de 'control'.... El desorden tiene siempre como referencia (ideológica) un orden, un orden determinado”.

Munne prosigue: “Entender el caos como ausencia de orden significa, en términos dialécticos, que el caos no es lo antagónico del orden (que corresponde al desorden) sino la negación del orden. Orden y desorden, absolutizados, no son conceptos opuestos, sino antagónicos y, por lo tanto, no asimilables dialécticamente. Desorden es algo que debiera estar ordenado y no lo está. El caos es un *no-orden*. El caos es un estado anterior a ideas de orden o de desorden”. Fenómenos como gente caminando por las calles, cada una con un rumbo determinado para llegar a un objetivo específico, no es orden, pero tampoco desorden.* Es un estado de no-orden alejado del equilibrio. El caos es ausencia de orden, pero no como antagónico (desorden), sino como su negación. El desorden tiene como referencia un orden determinado, un control.

**Toda persona normal tiene una meta final para culminar su deambular callejero y por lo general transita por una trayectoria ya prefijada. En adición al orden, para cada persona existe un sentido en su recorrido. Camina por la calle por alguna razón que tiene sentido para ella o él. La percepción de lo caótico es el conjunto de individuos desplazándose, cada uno con un rumbo particular, que puede o no coincidir con el de otro individuo.*

Sólo cuando se le quita esa referencia al orden, es decir, cuando se supera la dicotomía orden-desorden, el desorden puede ser concebido como un no-orden, como un caos capaz de generar un nuevo orden*.

NO-LINEALIDAD Y AUTOORGANIZACIÓN

Un proceso lineal es aquel donde cambios en los estados de las variables iniciales tendrán efectos proporcionales en el comportamiento final del sistema, en dependencia de algún tipo de función o de relación causa-efecto predecible. Los sistemas complejos son no-lineales; son sistemas caóticos de tipo determinista. El determinismo se encuentra implícito en su comportamiento, el cual no es completamente al azar. Sus estados son posibles, si no de predecir con exactitud, al menos de prever dentro de ciertos límites. Este comportamiento no completamente al azar es debido a la estabilidad dinámica del sistema alrededor de, o provocada por, *atractores* dinámicos. Como sistemas caóticos deterministas, los sistemas no-lineales no exhiben relaciones de causa-efecto evidentes. Pequeñas variaciones en las condiciones de los estados iniciales pueden desencadenar efectos desproporcionados con estas pequeñas variaciones. La no-linealidad es un resultado de tres propiedades básicas de los sistemas complejos: la *autoorganización* (co-construida por atractores), la organización en estructuras *dissipativas* (que implica contexto-dependencia) y la *emergencia* (la creatividad dinámica impredecible a partir de las interacciones particulares de los componentes).

*Basado en el mismo razonamiento, pero con otro horizonte de sentido, Ciurana (2001a) rechaza el término caos determinista. Desde su óptica, "...aquél que conoce lo que significa 'caos' no puede adjuntarle el término 'determinista'. Caos es fuente de donde surgen orden y desorden". Y cita a Morin: "el caos es una idea anterior a la distinción, separación, oposición, una idea pues de indistinción, de confusión entre potencia destructora y potencia creadora, entre orden y desorden, entre desintegración y organización".

El orden requiere de trabajo,¹¹ del intercambio de materia, energía e información. Cuando ello no ocurre, las interacciones físico-químicas entre los componentes de un sistema o agregado tienden a la producción de desorden, de dilución, de homogeneidad. Es un proceso irreversible, que sigue la flecha del tiempo termodinámica. Cuando se echa una gota de tinta en un recipiente con agua, la gota se diluye más y más, hasta que todas las moléculas de la tinta se mezclan con las del agua. Lo mismo ocurre con un terrón de azúcar o al mezclarse dos gases inertes en el mismo recipiente. Pero estos sistemas son cerrados. Existen sistemas abiertos capaces no sólo de mantener su organización y estructura, sino de generar nuevos órdenes de organización, de crear novedades.

En sistemas que intercambian materia y energía constantemente, el equilibrio estacionario termodinámico no es posible (Prigogine, 1997a, b). Dentro de estos sistemas ocurren fluctuaciones* no-lineales que pueden llevarlos más allá del umbral de su metaestabilidad. El sistema es conducido hacia un *punto de bifurcación*. Sin embargo, estos sistemas, no sólo no se desorganizan, no se “olvidan” de su orden previo, sino son capaces de generar nuevos patrones de orden. Conforman estructuras que mantienen y producen orden por fluctuaciones, a través de la disipación de energía y de su intercambio constante de materia y energía con el medio. A este patrón Prigogine les llamó *estructuras disipativas*, las cuales “surgen de la transformación del flujo de energía del medio en un comportamiento ordenado”. Una estructura en equilibrio, como la de los cristales, puede persistir aislada en el vacío, pero las estructuras disipativas sólo existen a través del intercambio con el medio. Su estructura y su funcionamiento son inseparables e indisolubles. De acuerdo con lo anterior, podemos considerar la “memoria” no como una propiedad exclusiva de los seres vivos, sino una cualidad asociada con la capacidad de auto-mantenimiento de la organización de los sistemas, corporeizada en estructuras disipativas.

*Las fluctuaciones son oscilaciones que se generan dentro del sistema de referencias. Las oscilaciones o cambios que ocurren en el exterior del sistema se consideran perturbaciones.

Este orden espontáneo, que se alcanza por fluctuaciones no-lineales en sistemas con estructuras disipativas, es el proceso de *autoorganización*. La materia en equilibrio, metafóricamente Prigogine, es ciega; pero alejada del equilibrio detecta la diferencia, se adapta. Las estructuras disipativas son “ciclos límites”, relojes químicos cuyas moléculas oscilan de manera periódica y sincronizada, y producen de manera espontánea estructuras y configuraciones coherentes. La autoorganización genera nuevos patrones espacio/temporales dentro del sistema. La autoorganización emanada de este orden por fluctuaciones permite evolucionar a los sistemas; pero la evolución razona Prigogine- no conduce al estado más probable; es el resultado de una competencia compleja entre fluctuaciones. Prigogine también enfatiza algo que nos parece crucial. En equilibrio y cerca del equilibrio, las leyes de la naturaleza son *universales*. Lejos del equilibrio, se tornan *específicas*, y dependen del tipo de proceso irreversible desarrollado en un contexto en particular. “El no-equilibrio es fuente de orden, de coherencia. El no-equilibrio como generador de orden se nos presenta ya como uno de los principios más generales que podemos formular en la actualidad”. Estos fenómenos, por su carácter específico e irreversible, también son generadores de *historia*.

Según Capra (1996), un punto de bifurcación (Fig. 2.1) constituye un umbral de estabilidad en el que la estructura disipativa, o bien se derrumba o bien se autoorganiza en uno varios estados nuevos de orden. Lo que suceda exactamente en ese punto crítico va a depender de la historia previa del sistema. En ese punto, el destino de la estructura disipativa tendrá también mucho que ver con las condiciones del entorno. Es así un punto de sensibilidad máxima ante las perturbaciones del ambiente; es un sometimiento a prueba de la adaptabilidad del organismo. El camino después de la bifurcación es impredecible *a priori*, por ser una función no-lineal de la estructura, la organización y la historia del organismo.

En el parecer de Ferguson (1998), las estructuras disipativas constituyen un todo fluyente que, mientras más complejas, son más sensibles a las fluctuaciones, las cuales las alejan más del equilibrio y, por lo tanto, requieren de mayor flujo y

disipación de energía para mantenerse metaestables. Al mismo tiempo, estas estructuras disipativas muy complejas son más proclives a la autoorganización, a los procesos emergentes y a la creatividad; son más coherentes por necesidad, si pretenden mantenerse de alguna manera. El mejor ejemplo de estructura disipativa muy compleja es el cerebro humano, el cual representa aproximadamente el 2% del peso del organismo, mientras consume, aun cuando se encuentre en reposo, alrededor del 20% de la energía total que fluye por el organismo. El cerebro es un ejemplo por excelencia de un sistema autoorganizado críticamente al borde del caos, pero que se mantiene metaestable, gracias a su capacidad de autoorganizarse continuamente disipando una gran cantidad de energía. Es por ello que el cerebro resulta tan rápida y fácilmente dañado cuando sufre de interrupciones en el flujo de energía. Sin embargo, ante determinados traumatismos es capaz de autoorganizar su metaestabilidad y continuar funcionando coherentemente. En adición, el cerebro no sólo es capaz de recordar su propia historia, es decir la de la identidad del individuo; de igual modo, descubre, interpreta y deja constancia de la historia del universo.

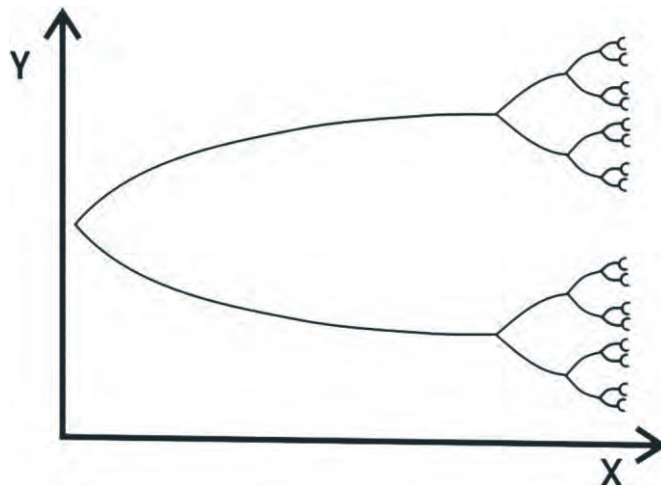


Fig. 2.1. Bifurcaciones en la trayectoria de un sistema disipativo.

Inclusive, algunos sistemas químicos sencillos alejados del equilibrio son capaces de mostrar patrones complejos de autoorganización. La reacción de Belousov-Zhabotinski se toma en muchos textos como ejemplo de emergencia de un patrón complejo a partir de reacciones sencillas. Esta reacción consiste en la dilución a determinada temperatura de ciertas proporciones de ácido sulfúrico, ácido malónico, bromato de potasio y sales de cerio y hierro. La reacción comienza por manifestar agitaciones y oscilaciones, que se alternan en rojo y azul durante horas. Si se vierte un poco de la dilución en un recipiente plano formando una capa fina, emergen dos patrones intercambiables de círculos concéntricos coloreados que giran y cambian. Como el sistema es cerrado, la energía generada en las interacciones químicas se disipa, evoluciona hacia el equilibrio termodinámico y, en un momento dado, la autoorganización no es capaz de mantenerse y se desvanece en segundos. Es posible controlar la reacción al añadir y retirar reactivos, y convertirla en una estructura disipativa que se mantiene a sí misma durante más tiempo alejada del equilibrio.

Cillier (1998) anota que la autoorganización desarrolla una forma distribuida de estructura interna. No es un reflejo pasivo, ni del exterior, ni de factores internos pre-programados. Es un resultado de las interacciones complejas entre los componentes, el estado presente de los mismos, el ambiente y la historia del sistema. Cillier esboza, dadas las dificultades en definir fenómenos complejos, la siguiente hipótesis de trabajo: *la capacidad de autoorganización es una propiedad de los sistemas complejos que les capacita el desarrollar o cambiar la estructura interna espontáneamente para lidiar con, o manipular, su ambiente*. La autoorganización no es una cosa concreta del sistema; son relaciones dinámicas de transformaciones, constituyen, según Juarrero (1999), “estructuras de proceso”. Por su lado, Kelso (2002) define la autoorganización como la formación espontánea de patrones espacio-temporales y de un patrón de cambio. El sistema se organiza a sí mismo, sin una causa centralizada aparente, y sin el concurso de fuerzas externas al sistema. La autoorganización es un resultado colectivo de interacciones no-lineales entre los

componentes del sistema. Scott (2003), semejante a Kauffman, puntualiza que los procesos de autoorganización, tanto en sistemas vivos como no-vivos, se caracterizan por reglas muy simples, dependientes exclusivamente de la interacción entre las subunidades del sistema. Ello engendra de manera espontánea patrón, orden y estructura a un nivel global.

Cillier expone una serie de reflexiones acerca de la autoorganización (AO). Nos resulta interesante destacar las siguientes:

- La AO es una propiedad *emergente*. Los componentes individuales del sistema pueden operar sólo con información local y principios generales. El comportamiento macroscópico emerge a partir de estas interacciones locales. Interacciones locales, simples o sencillas, pueden resultar en un comportamiento complejo a nivel macroscópico.
- Sistemas AO incrementan su complejidad. Ellos *aprenden** de la experiencia, tienen que *recordar* situaciones previas para persistir en su contexto ambiental. En ello radica su adaptabilidad, y por eso tienen una *historia*. Así, la dinámica entre la “memoria” del sistema y las condiciones actuales del contexto lo hacen fenómenos históricos. La evolución es posible gracias a que los sistemas complejos son procesos en un constante y dinámico *siendo* ontológico, con una memoria, una mente histórica, que les permite interactuar y persistir en su ambiente. Cillier añade que también estos sistemas deben ostentar la capacidad de “olvidar”, para posibilitar una mayor capacidad de selección. La memoria tiene que ver con la mayor intensidad de representación en la percepción intrínseca del sistema. La información no usable es desechada. El incremento de complejidad puede ser una de las causas del envejecimiento de los sistemas

*Si los sistemas vivientes son sistemas cognitivos (ver más adelante en este capítulo), entonces, a la luz de lo expuesto, no resulta descabellado considerar que los sistemas complejos no vivientes ya muestran capacidades pre-cognitivas.

AO; llegan a saturarse con todo tipo de constreñimientos externos, internos y de información, así como de la continua disipación de energía.

- Es difícil hablar de la *función* de sistemas AO. Al introducir esta noción, estamos antropomorfizando al sistema, porque no existe ninguna razón externa al propio sistema por la cual éste se encuentre diseñado para desarrollar alguna función en particular. Cuando un sistema es descrito dentro del contexto de un sistema mayor (la función de los órganos dentro de un organismo), entonces es posible concebir la función de dicho sistema. La AO no puede ser contemplada como una función, sino como el resultado de un proceso evolucionario sin el cual, sencillamente, el sistema no perduraría ni se adaptaría al materializarse circunstancias más complejas de su contexto.

Un concepto también fundamental es el de autoorganización en estado crítico, o autoorganizado en estado crítico o críticamente (Kauffman, 1993, 1996; Bak, 1999; SOS, 2000). La autoorganización crítica consiste en la habilidad de un sistema de aproximarse a un estado crítico y mantenerse en él. Pequeños cambios pueden conducir a un punto de bifurcación del sistema; este estado constituye un punto de conectividad máxima, también conocido como *el borde del caos*. A partir de aquí, los cambios se caracterizan por una ley de potencia,¹² al acaecer lo mismo numerosos, pero pequeños cambios, como cambios de gran repercusión, aunque en frecuencia mucho menor. Los procesos que conducen a los cambios menores son también aquellos causantes de grandes avalanchas. La imagen emblemática de este fenómeno es la de un montículo de arena que se forma al verter granos sobre un plato en una mesa (Fig. 2.2).

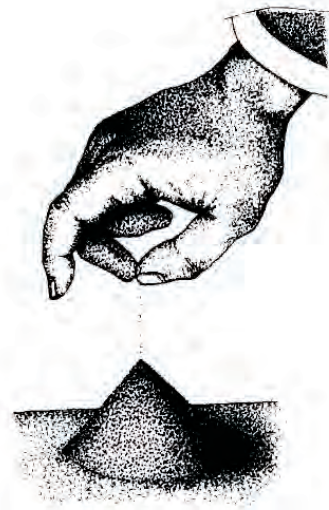


Fig. 2.2. Ejemplo de la configuración de un sistema autoorganizado críticamente. Por medio de avalanchas, el sistema se automantiene en un estado metaestable. El montículo se mantiene a sí mismo a una determinada altura, óptima dinámicamente.

Este sistema se obtiene cuando se forma un montículo de arena mediante el sencillo procedimiento de añadir granos de manera lenta y constante. Sobrepasada una altura determinada -la autoorganización en el estado crítico- comienzan a ocurrir avalanchas cada vez que se añade arena, hasta que el sistema queda estabilizado en una altura óptima dinámicamente, críticamente autoorganizada en un estado metaestable alejado del equilibrio, al borde del caos, es decir, de las avalanchas y la desorganización. A este estado de máxima conectividad y sensibilidad entre los componentes de un sistema, Kauffman (1996) le llama *el borde del caos*, debido a la incertidumbre de conocer de manera exacta tanto el cuándo, como la cuantía de ocurrencia de avalanchas pequeñas o grandes. Al mismo tiempo es un caos determinista, porque tiene un comportamiento regular; siempre habrá más avalanchas pequeñas que catastróficas, pero no es posible conocer cuando va a producirse cada una de ellas. Después de la ocurrencia de avalanchas, el sistema admite más arena hasta recuperar su altura crítica, *se autoorganiza críticamente en el borde del caos*. El sistema se hace metaestable en el estado crítico; los atractores lo conducen a este estado. Los granos nunca se precipitan uno por uno desde el montículo; o permanecen adheridos, o bien provocan avalanchas pequeñas o grandes.

Bak (1999) explica que el mismo mecanismo acontece con la dinámica de las zonas sísmicas; se producen muchas sacudidas pequeñas y algunas muy grandes, sin posibilidad de predecir con exactitud cuando van a originarse estas últimas. Otro fenómeno de este tipo podría ser la formación de las monstruosas “olas asesinas” de hasta 30 mts de altura, las cuales se originan prácticamente en todos los mares. Entre infinidad de olas con comportamiento “correcto” (avalanchas pequeñas), de no más allá de 10-12 mts, se autoorganizan y emergen olas leviatánicas (avalanchas grandes), las cuales, al parecer, extraen energía de las olas que las rodean. Estas olas son mucho más escasas que las habituales, pero, no obstante, son un fenómeno universal, una gran avalancha, una ruptura de la simetría de un estado metaestable del océano, una bifurcación, cuyo lugar exacto en el espacio y el tiempo es imposible

de predecir, y que inmediatamente vuelve a metaestabilizarse en estado crítico, alejado del equilibrio.

Según resume Cillier, el aspecto fundamental de la autoorganización crítica es que el sistema se organiza a sí mismo hacia el punto álgido donde eventos simples disparan la gama más amplia posible de efectos. Dicho de otra manera, el sistema se sintoniza a sí mismo hacia una sensibilidad óptima respecto a estímulos externos. Ello es uno de los motivos por los cuales estos sistemas nunca alcanzan el equilibrio; evolucionan de un estado metaestable al siguiente. Kauffman sugiere que la evolución deviene en “el borde del caos”. La biosfera es una red de compromisos donde cada especie prospera tan bien como le sea posible, pero donde nadie está seguro si el siguiente paso será un escurrimiento sin importancia o una verdadera calamidad. En este mundo precario, reflexiona Kauffman, las avalanchas, grandes y pequeñas, barren a los sistemas implacablemente. Sobre la repercusión de estas ideas en la biología volveremos en el Capítulo 4.

EMERGENCIA

En palabras de Morin (1993), “La emergencia son las cualidades o propiedades de un sistema que presentan un carácter de novedad con relación a las cualidades o propiedades de los componentes considerados aisladamente o dispuestos en forma diferente en otro tipo de sistemas. Todo estado global presenta cualidades emergentes. Las cualidades emergentes nacen de las asociaciones, de las combinaciones. La emergencia no sólo ocurre a nivel global, sino también a nivel de los componentes. La emergencia es irreducible fenoménicamente e indeducible lógicamente. La emergencia aparece tanto como evento, fenómeno como superestructura, o globalidad misma. La emergencia es retroactividad organizacional”.

La emergencia y la AO son fenómenos intrínsecamente ligados. La AO es una propiedad *emergente* de los sistemas como un todo (Cillier, 1998; Juarrero, 1999)

o de un subsistema lo suficientemente grande como para provocar un efecto global (Cillier, 1998). Al mismo tiempo, la emergencia ocurre como consecuencia de procesos autoorganizados. Goldstein (1999) estipula que la emergencia se refiere al origen de estructuras coherentes y novedosas, así como de patrones y propiedades durante el proceso de autoorganización en sistemas complejos. La emergencia es manifestada en el macro-nivel sistémico. Johnson (2001) alega que la emergencia es el movimiento de reglas desde niveles inferiores hacia la sofisticación de niveles superiores. Es un patrón a un nivel superior que se origina a partir de patrones de interacciones complejas paralelas entre agentes locales. Ello quiere decir que es una propiedad colectiva, no observable en ninguno de los componentes individuales. La *emergencia*¹³ es una de las propiedades cruciales de los sistemas complejos y es responsable de su impredecibilidad. No es posible predecir con exactitud cuando va a manifestarse una emergencia y cómo va a ser la misma.

La emergencia no es una transformación, es el *ahora* de la existencia del sistema. Casti (1997) concibe la emergencia como un comportamiento global del sistema que surge de la interacción de muchos componentes; este comportamiento no puede ser predicho, ni tan siquiera imaginado, de un conocimiento a partir de lo que cada componente del sistema hace en aislamiento. Es así como la vida emerge de lo no vivo, la mente emerge junto con la vida, la conciencia de la mente, el lenguaje de la conciencia, y la cultura de las relaciones sociales. Cillier (1998) opina que el concepto de emergencia puede crear la impresión de que algo misterioso acontece cuando “las cosas vienen juntas”. El término, implica que no se requiere un diseñador externo o *telos* causante del comportamiento complejo de un sistema. Para que ocurra emergencia, cada elemento en el sistema debe ser ignorante del comportamiento del sistema en su totalidad y sólo responder a la información disponible al componente localmente. Si cada componente supiera lo que le está sucediendo al sistema, entonces toda la complejidad sistémica tuviera que estar presente a nivel de componente. Cillier sugiere que tal vez sería mejor utilizar la expresión *propiedades relacionales* en lugar de *propiedades emergentes*.

Por su parte, Sulis (2004) precisa que no todos los factores requeridos para la emergencia residen en los componentes. Los factores del contexto ambiental del sistema son también copartícipes en los procesos emergentes. La emergencia debe ocurrir dentro de un contexto particular. La emergencia *per se*, no es generada por factores intrínsecos, el sistema necesita estar embebido en un contexto dinámico e interaccionante. No existe un proceso único por el cual ocurra la emergencia. Los factores intrínsecos, por sí mismos, posibilitan la autoorganización, o el mantenimiento de dicha organización. Sulis distingue una *emergencia horizontal*, la cual se manifiesta al mismo nivel ontológico que los fenómenos precursores. Por ejemplo, emergencias sociales o culturales, lingüísticas, dentro de un sistema socio-cultural en particular, y eventos de especiación. Por otro lado, la *emergencia vertical* es trans-escalar. Así, los organismos constituyen una emergencia de sistemas de células, las especies de sistemas de poblaciones de individuos, y la conciencia de las neuronas. Las interacciones dentro y entre niveles definen lo intrínseco (local) y lo extrínseco (contextual).

La emergencia opera desde abajo-hacia-arriba (Fig. 2.3) y es una propiedad descentralizada. Para que ocurra emergencia es necesaria la comunicación, interacción y en-acción de componentes vecinos. En un sistema estático nada emerge, no hay emergencias en los estados equilibrados. La emergencia le da coherencia al comportamiento del sistema; es capaz de provocar, ante los ojos y el discernimiento de los sujetos, la ilusión engañosa de control central, de propósito dirigido, pero es una propiedad del sistema como un todo; es un fenómeno holístico. La emergencia afecta a los componentes como propiedad sistémica, pero es inducida desde los componentes al sistema. Los componentes no “conocen” que van a provocar una emergencia, ni son conscientes de los efectos globales de la misma; pero una vez manifestada, actúa como un proceso constreñidor de los componentes, desde arriba-hacia-abajo. De nuevo, el bucle recursivo típico de la complejidad.

Una manera sencilla de ilustrar la emergencia es considerar que las propiedades del sistema en su totalidad, en su comportamiento momento por

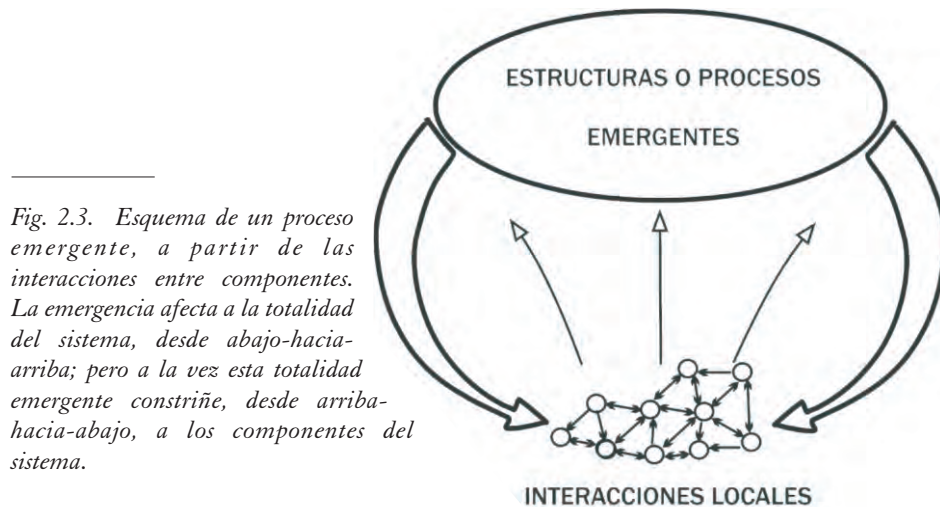


Fig. 2.3. Esquema de un proceso emergente, a partir de las interacciones entre componentes. La emergencia afecta a la totalidad del sistema, desde abajo-hacia-arriba; pero a la vez esta totalidad emergente constriñe, desde arriba-hacia-abajo, a los componentes del sistema.

momento, no son deducibles de las propiedades y comportamiento específico de ninguno de sus componentes de manera individual. Ninguna célula lee poesía por su cuenta, pero son organismos estructurados por células quienes componen y declaman. Son las propiedades colectivas de la mente y la de ciertos elementos físicos, las que hacen posibles estas pequeñas-grandes maravillas cotidianas, como es la buena fortuna de poseer manos, dedos libres y pulgares oponibles, además de que cada ser humano vive embebido en un sistema que también es emergente momento por momento, la socio-cultura humana. Los procesos de autoorganización-emergencia ocurren a todas las escalas posibles del universo. Los átomos, al igual que las galaxias, son sistemas autoorganizados con propiedades colectivas que no tienen ninguna de las partículas elementales, o estrellas y planetas por separado, respectivamente. De igual modo, son fenómenos autoorganizados-emergentes tornados, ciclones, el patrón de dunas en los desiertos, la formación coordinada y cambiante de vuelo de las aves y las maniobras de los cardúmenes de peces, así como infinidad de patrones de estructura, color, forma y comportamiento en los seres vivos.

- **Novedad radical.** Lo emergente tiene peculiaridades no observables previamente en el sistema bajo observación. Estas novedades confirman que lo característico de lo emergente es lo no deducible de los componentes en el micro-nivel sistémico.
- **Coherencia o correlación.** Lo emergente aparece como un todo integrado que tiende a mantener un sentido de identidad a través del tiempo. Esta coherencia expande y correlaciona los componentes independientes del sistema en una macro-unidad u organización de nivel superior.
- **Macro nivel.** El “sitio” o “nicho” de lo emergente es en el nivel global o macro. La observación del comportamiento emergente es en este nivel. También existen micro-emergencias, pero a la vez estas micro representan un nivel global. Por ejemplo, si perturbamos un nido de termites, conjuntos de individuos se autoorganizarán en una conducta emergente. Dejarán de hacer lo que estaban haciendo y se pondrán en función de la reparación y defensa del lugar dañado. Ello representa una microemergencia, porque no se afecta toda la colonia, pero, al mismo tiempo, implica un comportamiento sistémico, holístico.
- **Dinámico.** Lo emergente no es un todo pre-dado, sino que se origina con la dinámica del sistema complejo. La emergencia es un fenómeno procesal, asociado con el origen de nuevos atractores en la dinámica del sistema.
- **Ostensividad.** Lo emergente es ostensivo; es reconocido porque se muestra a sí mismo. Lo emergente es también contextual, tiene que ver con-lo-qué-está-ocurriendo-actualmente en el sistema; la emergencia es su *ahora*. Por lo tanto, cada fenómeno emergente es distinto en alguna medida al fenómeno emergente que lo precedió; cada emergencia manifiesta una singularidad propia.

Johnson (2001) también establece algunos principios que caracterizan las interacciones desde abajo-hacia-arriba. Por ejemplo, la ignorancia es útil. Elementos simples facilitan la emergencia, porque no ocurren complicaciones en el

sistema. Si una neurona fuera consciente, podría entorpecer el funcionamiento del sistema nervioso, pues a lo mejor no estuviera de acuerdo con el proceder de otra neurona, y existen decenas de miles de millones de ellas. Otro principio es que se debe “prestar atención a los vecinos”. Ese es el mecanismo primario de la “lógica de la horda”. Si los vecinos no suministran información a través de determinadas pautas conductuales o mediante la emisión de compuestos bioquímicos, cada uno de ellos portador de una información específica, las colonias de insectos sociales como abejas, termites y hormigas serían un puñado enloquecido de insectos vagando sin ningún sentido, hasta que muriesen de inanición o sobreexcitación.

El vistoso patrón emergente de las bandas de la cebría es la consecuencia de interacciones muy sencillas en las células pigmentarias del embrión. Cada uno de estos melanocitos produce pigmento en la medida de si es estimulado o inhibido por la presencia o ausencia de determinadas moléculas activadoras. De igual modo, los elegantes y coordinados movimientos de los agregados de aves y peces parecen seguir principios muy simples de sentido de posición con relación a los vecinos más próximos (Scott, 2003). La sofisticada organización de los insectos sociales es un patrón dinámico que depende, momento por momento, de “prestar atención” a lo que hace el vecino. Cada individuo recibe constantemente señales del ambiente y de sus compañeros, y se dispone a hacer lo que tal señal dispara en su organismo, así sea buscar comida, atacar un agresor, alimentar a las larvas o reparar un daño en el nido. En la medida en que estas necesidades se cumplen, la intensidad de las señales disminuye y los individuos cambian de actividad o se dedican al descanso. Goodwin (1998) y Johnson (2001) consideran que estas reglas “sencillas” de sentido de la posición, del contexto, intervienen en la emergencia de la forma, en la diferenciación celular del desarrollo ontológico de los organismos pluricelulares.

La imagen de la Fig. 2.3 ofrece tan sólo una simplificación extrema de este fenómeno. La “nube” emergente representa el nivel máximo de holicidad u organización, que tipifica al sistema en sus propiedades más globales. Pero entre esta nube y los componentes pueden generarse otras nubes de emergencia locales,

verdaderos “subniveles emergentes”. En nuestro ejemplo con una colonia de insectos sociales, no ocurre una sola gran emergencia a la vez, sino que estas sociedades, al igual que las humanas, se caracterizan por la materialización de retículos emergentes constantes. En un hormiguero, termitero o panal de abejas, pueden coexistir al unísono diferentes actividades emergentes, como la defensa, la reparación, el cuidado de las larvas o el almacenamiento de los alimentos.

Tanto Johnson como Scott coinciden en que todo sistema descentralizado descansa extensivamente en la retroalimentación, tanto para crecer (positiva) como para auto-regularse (negativa). La retroalimentación negativa es una vía de alcanzar un punto de equilibrio, el balance correcto, la configuración de un patrón, a pesar de las cambiantes e impredecibles condiciones externas. La retroalimentación positiva alimenta ciclos del sistema, lo impulsa hacia adelante. Un circuito deviene particularmente vulnerable para la reverberación o resonancia cuando las redes en sí mismas mimetizan el comportamiento de determinados nodos locales, entonces se origina un frenesí. La consecuencia es el despliegue de un comportamiento emergente descontrolado y de esta manera son engendradas las estampidas de las manadas y el comportamiento de pánico de insectos sociales y de grupos humanos.

Igual ocurre en la sociedad con ciertas situaciones de información y opinión pública. La retroalimentación positiva es capaz de provocar, en determinados contextos, procesos de explosión demográfica y ocasionar problemas ambientales. Otero (2002) señala a la globalización (tal vez sería mejor decir totalización) económica y cultural como un preocupante fenómeno emergente. Representa una “reverberación” del sistema social humano mundial; es un bucle de retroalimentación positiva. Este nefasto fenómeno es capaz de conducir a un proceso de pérdida de identidad y de conciencia de los individuos. Los grupos humanos podrían olvidar su historia. Tenemos la posibilidad de aprender de otros sistemas complejos emergentes, pero Otero alerta que, una vez tomemos conciencia de ese tipo de sistemas emergentes globalizadores, constituye nuestra responsabilidad no llegar a ser un componente subordinado de aquellos, lo cual

representaría una ominosa amenaza para el bienestar mental, físico y espiritual de las personas.

Por su parte, Hendriks-Jansen (1996) discierne tres categorías de procesos emergentes. La emergencia jerárquica, que representa la manifestación “típica”, donde las propiedades de niveles superiores de organización no son deducibles de las propiedades de sus componentes individuales. Otra categoría es la emergencia histórica; donde formas simples de organización originan nuevos rasgos y estructuras más complejas, así como patrones de comportamiento o adaptaciones y patrones de distribución geográfica y ecológica. La evolución es un proceso que produce emergencias históricas. Por último, señala a la emergencia interactiva, que ejemplifica con el comportamiento intencional. Hendriks plantea que toda conducta es una actividad situada, y que toda actividad situada resulta de la emergencia interactiva. Verbigracia, ninguna pauta conductual en particular está localizada dentro de la cabeza o los patrones de actividad neuronal de ningún organismo; la conducta emerge como resultado de la interacción con el ambiente en particular de ese organismo. En el caso del ser humano, el ambiente es básicamente social y culturalmente constreñido.

Sotolongo (2002b) discurre que el patrón emergente de un nuevo orden de complejidad es siempre el resultado de al menos cuatro circunstancias entre niveles, determinadas básicamente por la acción de diferentes tipos de constreñimientos. I. Constreñimientos del ambiente. Accionan desde arriba-hacia-abajo, y modifican interacciones previamente establecidas entre los componentes; pero no ejercen acción complejizante. II. Constreñimientos composicionales. Accionan desde abajo-hacia-arriba, constituyen procesos emergentes que provocan complejización al mismo nivel de complejidad ya existente. III. Constreñimientos emergentes. Inducen correlaciones globales entre componentes al nuevo nivel de complejidad emergente. Por lo tanto, son los responsables de la emergencia de un nuevo patrón global de autoorganización; contendrán atractores dinámicos de efectos tanto desde abajo-hacia-arriba (habilitadores) como desde arriba-hacia-abajo (reguladores). IV.

Posibilidades ambiente-componentes (asimetrías ecológicas). Estos constreñimientos ofrecen una gama de posibles opciones, dinámicamente permisibles, para que ocurra de manera factible la complejización.

Como es posible inferir, los constreñimientos son generadores de complejidad, son agencias causales de complejidad.

ATRACTORES

Rocha (1999) define a la autoorganización como un proceso en el cual los sistemas de muchos componentes tienden a alcanzar un estado particular, un conjunto de estados cíclicos, o un pequeño conjunto del *espacio de estados* sin interferencia externa. Este comportamiento de *atractor*, prosigue, es muchas veces reconocido a un nivel superior de observación como de formación espontánea de estructuras bien organizadas, patrones o conductas. Los atractores deben ser pequeños, discretos, deben ocupar tan solo un espacio pequeño, dentro del espacio de fase posible para el sistema. En el sitio Web SOS (2000), aparece consignado que la autoorganización es un movimiento de una región grande del *espacio de estado* a una persistentemente más pequeña, bajo el control del sistema en sí mismo. Esta región más pequeña del espacio de estado es llamada atractor.

Nos encontramos ahora con otros dos términos fundamentales para la comprensión del comportamiento de sistemas complejos, *espacio de estado* y *atractor*. El orden de estos sistemas se materializa en determinados estados de fase o de espacio, o espacio de fases, como también se le denomina. Kauffman (1996) define al espacio de estado como la gama de posibles comportamientos del sistema, como un universo matemático donde el sistema es libre de permanecer. También es posible interpretarlo como el número total de combinaciones disponibles para el sistema (SOS, 2000). En los casos de la dilución de una gota de tinta o la difusión de los gases, el sistema, bajo el influjo de fuerzas termodinámicas, tiende a ocupar todo su espacio de estado, todos los microestados posibles, es decir, tiende al equilibrio

termodinámico, al desorden, al caos de azar, a la distribución irrestricta y homogénea de sus componentes. Kauffman concibe al desorden como un patrón de grano grueso generalizado que es satisfecho por grandes números de grano fino (microestados). El orden sería un patrón de estado de grano grueso correspondiente con sólo pocos estados de grano fino. El orden en los sistemas alejados del equilibrio es posible por la existencia de atractores.

El atractor es también definido como una región del espacio de estado donde el sistema tiende a estabilizarse (Sametband, 1999). En ausencia de otros factores, los procesos del sistema se centran en la zona de atracción. SOS conceptualiza el fenómeno como una posición preferida por el sistema, es un espacio de estado hacia el cual evoluciona. El área mayor del espacio de fase que conduce al atractor es la *cuenca de atracción*. En un paisaje, un lago funciona como un atractor de la trayectoria de diferentes flujos de agua. Todas esas trayectorias fluviales constituyen la cuenca de atracción del lago. Juarrero (1999) define a los atractores como trayectorias que convergen sobre patrones típicos. Las trayectorias son secuencias consecutivas de estados de fase en el sistema. Una cuenca de atracción representaría estados con una probabilidad superior al promedio de ser visitados por el sistema. Encontrarse en la cuenca de un atractor significa que el comportamiento futuro estará *constrañido* por el atractor, dirigido y canalizado por su dinámica. Así, se incrementa la probabilidad de ser conducido en una dirección mejor que en otra. Los atractores corporizan la interacción entre la dinámica interna del sistema y su ambiente; representan una dinámica de la organización del propio sistema, incluyendo su estructura externa o condiciones de límite. O sea, la dinámica actual del sistema constriñe su comportamiento.

Como en todo proceso dialéctico-dialógico, los atractores tienen sus contrapartes. Así, los espacios que separan las cuencas de atracción son llamados *separatrices* o *repulsoras*. Representan estados y comportamientos en los cuales el sistema tiende a no permanecer o, con toda probabilidad, no acceder a los mismos; pero de igual modo es posible concebirlos como la improbabilidad de que el sistema

cambiará a otro atractor, dados su historia, dinámica actual y el contexto ambiental. La probabilidad de la presencia del sistema en estas zonas es disminuida o eliminada por completo. Los atractores y repulsores de sistemas complejos no son estáticos ni mecanismos de control externo. No son fuerzas en el sentido newtoniano; son trayectorias constreñidas dentro de un espacio autoorganizado. Los atractores corporizan los constreñimientos de control actual del sistema, los cuales han sido construidos y continúan siendo modificados como un resultado de las interacciones del sistema y su ambiente (Juarrero, 1999).

Un atractor puede ser un punto, como el centro de un plato para una bola, o el punto en el espacio donde se detiene la trayectoria de un péndulo (Fig. 2.4). Estos atractores son *puntuales* y caracterizan a sistemas dinámicos no complejos. El sistema permanece en el atractor, a menos que sea perturbado. Las trayectorias de las bolas o el péndulo están constreñidas, porque no recorren todo el espacio de fase posible; no visitan todos los posibles microestados, ni zigzaguean o recorren sus trayectorias a saltos. La organización global del sistema constriñe las alternativas posibles, de manera que su comportamiento es característicamente conducido a ciertos patrones (Brooks y Wiley, 1988). Sin embargo, Eoyan (1997) expone el ejemplo del tráfico en una autopista donde la velocidad de todos los vehículos tiende hacia un punto único, a la cota mínima o máxima. Si se transgrede estos límites se origina una dinámica caótica. Y el tráfico en una autopista es un ejemplo clásico de un sistema no-lineal, autoorganizado. Tal vez este caso pudiera considerarse como uno de fluctuaciones entre estados de equilibrios dinámicos, entre *atractores dinámicos*.

Los atractores *dinámicos*, son aquellos que caracterizan la permanencia de los cuerpos celestes dentro de determinadas órbitas, o los que mantienen ciclos recursivos metabólicos. La reacción B-Z es debida a atractores dinámicos llamados de *ciclo límite* o *periódicos*, donde el sistema oscila entre más de un estado estable de orden, el cual se repite como un bucle recursivo, en intervalos regulares. Igual sucede con las células de organismos metazoos, donde no se manifiestan

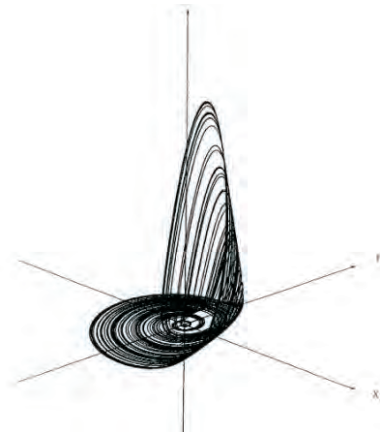
todos los tipos de procesos posibles, a pesar de que cada unidad celular tiene los mismos genes que otras unidades semejantes en otros tejidos con otras funciones. Mientras más tipos celulares existen en un organismo (unos 257 tipos de células en el ser humano) más constreñida es la existencia de una célula en particular, pues su ciclo vital, su metabolismo y su contexto dentro del organismo son sólo de una clase entre docenas posibles.

Fig. 2.4. Sistema pendular como ejemplo de la acción de un atractor puntual, representado por un punto imaginario.



Existen otros atractores, llamados *complejos*, *caóticos* o *extraños*, los cuales generan trayectorias prácticamente irrepetibles (Fig. 2.5), pero dentro de un determinado espacio de fase. Cada trayectoria parece única e irrepetible, pero se mantiene un orden o patrón global coherente. Existe un patrón, pero su configuración en cada

Fig. 2.5. Ejemplo de atractor extraño o caótico. Las trayectorias individuales del sistema nunca se superponen, pero todo el conjunto de trayectorias se encuentra constreñido en una determinada cuenca de atracción.



instante no puede ser predicha con exactitud. Los sistemas complejos se caracterizan por estos atractores, cuyas dinámicas organizacionales son altamente contexto-dependiente. Un atractor caótico puede concebirse no como un punto, sino como una nube densa de estos. Algunos también distinguen *atractores al borde o en límite del caos*. Estos atractores mantienen al sistema en un equilibrio metaestable que se caracteriza por su elevada conectividad, capacidad de asimilar información y adaptabilidad potencial al cambio. Ciurana (2001a) comenta "...estos últimos (los atractores extraños), trastocan la idea clásica de causalidad y nos sumergen en el espacio de la imprevisibilidad. De hecho estos últimos nos proponen, en su discurso sobre la complejidad fenomenológica del mundo físico, conceptos que den cuenta de tal complejidad".

Los atractores al borde del caos le confieren al sistema una sensibilidad extrema a las perturbaciones y a las posibilidades de evolución. Podemos concebirlos como los atractores que intervienen en mantener la *autoorganización crítica*. Un sistema complejo puede tener numerosos atractores de índole diversa. Por ejemplo, las actividades de cualquier colonia de insectos sociales, o las propias sociedades humanas, se autoorganizan constantemente alrededor de numerosos atractores, que estabilizan el quehacer cotidiano de la sociedad. Estos espacios de atracción generan los "subniveles de emergencia" comentados con anterioridad. Lucas (1999) esclarece que el atractor es una característica combinada de los componentes, no es generado por ninguno de ellos de manera aislada. Propiedades como la memoria y la conciencia se piensan que existen como un enjambre de atractores, en una "sociedad de la mente" (Sharov, 1999).

Kauffman (1996) resume su larga experiencia experimental con redes booleanas,¹⁴ y demuestra que los ciclos en dichas redes tienden a estabilizarse en espacios infinitesimales de su espacio de estado posible. Por ejemplo, un bombillo puede tener dos estados posibles, encendido y apagado. Una red de 100 000 bombillos tiene un estado de espacio de $2^{100\,000}$ estados posibles o $10^{30\,000}$ ciclos posibles a recorrer. Si cada ciclo posible se completara en una *billonésima* de segundo, sería

necesario un tiempo superior en *miles de billones* de veces la historia del universo, que sólo se remonta, como máximo, a unos modestísimos 10^{17} segundos. Un ciclo es un bucle recurrente de estados. Un ciclo sencillo, de longitud 1, repite siempre los mismos estados, tiene un patrón único de comportamiento. Por el contrario, Kauffman descubrió que estas redes se estabilizan en 317 ciclos límites o atractores de estado; es decir, se autoorganizan alrededor de 317 atractores.

El estado de espacio donde se desarrollan los ciclos del sistema equivale a dividir $1/10^{29\ 998}$. De una cifra absolutamente hiperastronómica, irracional, inimaginable de tiempo, hacia un orden igualmente alucinante, imposible. Es una configuración por completo improbable (*a priori*) termodinámicamente, un verdadero orden espontáneo, “por la libre”. Sin embargo, no se viola ninguna ley, porque el sistema disipa energía. Kauffman configura la imagen de que el sistema se “exprime” (Fig. 2.6) a sí mismo en un espacio infinitesimal de su espacio de estado potencial. Ese espacio infinitesimal representa a los atractores del sistema.

Kauffman acepta que las mismas leyes rigen para los seres vivos. El organismo más simple conocido es *Pleuronoma*, una pequeña bacteria. Esta célula

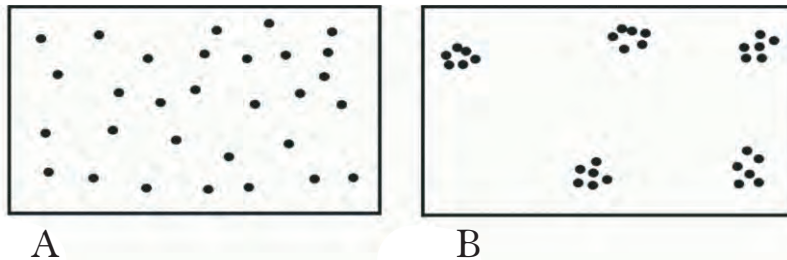


Fig. 2.6. En la figura A, se esquematizan los componentes de un sistema ocupando todo su posible espacio de fase. No existen constricciones ambientales que lo prohíban, ni el sistema está ordenado. En la figura B existe orden, constreñimiento espacial. Los componentes están “exprimidos”, en relación con su espacio de fase o estado potencial, porque sólo ocupan una fracción pequeña del mismo. Se encuentran ordenados debido a la acción de atractores.

bacteriana alberga alrededor de 1000 genes. Cada gen tiene dos formas de expresión, activa o inactiva. Por lo tanto, existen 2^{1000} posibles estados en esta red genómica. Esto es una simplificación extrema, porque se conoce que muchos genes tienen una expresión gradual o combinada de actividad. Kauffman nos recuerda que el paradigma aceptado estipula que las células son patrones diferentes de actividad del mismo sistema genómico. De cualquier manera, ni la humilde *Pleuromona* hubiera podido apenas comenzado a explorar todas las posibilidades de su sistema genómico durante todo el tiempo transcurrido desde el problemático Big Bang hasta la fecha.

Siguiendo el razonamiento de este autor, el ciclo más obvio en cualquier célula es el de la división celular, que transcurre en las bacterias en unos 20 minutos. Los genomas más complejos, como el de los seres humanos, con varias decenas de miles de genes estructurales o codificadores en cada célula, sólo producen unos 257 tipos celulares. Los tipos de células son sólo una fracción infinitesimal de lo posible. Stuart Kauffman se muestra convencido de que son atractores en el repertorio de la red genómica.

FRACATALES

La acción de los llamados atractores caóticos o extraños provoca la emergencia de la forma o dimensión *fractal*. Un objeto fractal no tiene una dimensión regular medible, cómo sí la tiene una línea, una superficie o un volumen. Mandelbrot (1997), el creador de este término, consigna que los fractales son “dimensionalmente discordantes”. Desde el punto de vista de la perspectiva euclidiana, los fractales son objetos informes; no pueden ser descritos por esta geometría, porque no encajan en ninguna de las formas geométricas clásicas. La naturaleza está llena de cosas con una dimensión fractal, como son las formas de las nubes, de las líneas costeras, de las montañas, de las ramificaciones de las hojas de los árboles, de las cuencas de los ríos y de las ramificaciones de los sistemas nervioso y circulatorio, de los bronquios, y de la exquisita simetría de los radiolarios y granos de

polen. Mandelbrot escogió el vocablo latín *fractus*, que significa fragmento, irregular, para designar a esta dimensión de la forma de procesos y fenómenos. La *forma* de la naturaleza, su *eidos*, es la forma fractal (Fig. 2.7).

Los fractales virtuales, o constructos matemáticos, pueden definirse como estructuras autosemejantes a todas las escalas de observación. Los fractales emergen como el resultado de una iteración de trayectorias, y pueden describirse por ecuaciones relativamente sencillas. Son autosemejantes con independencia de la escala. Un fragmento del fractal siempre reproduce la forma del conjunto, son conjuntos hologramáticos. De hecho, Mandelbrot se refiere a estos objetos como conjuntos fractales, y aclara que los *fractales naturales* no deben tener una definición rígida. Munne (1995b) señala que la fractalidad en las estructuras o formas de la naturaleza ocurre cuando se observa semejanza a diferentes escalas; pero ello no quiere decir que esta semejanza sea idéntica. De manera coherente con esta observación, Kelso (1999) propone el término *cuasifractal* para los conjuntos fractales de la naturaleza, porque en ella las trayectorias no se repiten hasta el infinito y porque, además, las “copias” no son exactamente semejantes unas a las otras, como sí ocurre con las abstracciones matemáticas. En el criterio de Munne, en los fenómenos psicológicos y sociales también se evidencian propiedades fractales, como

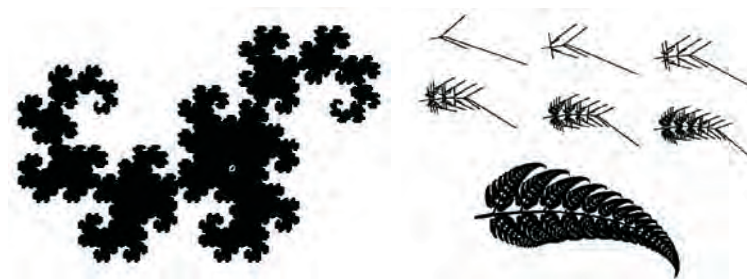


Fig. 2.7. Fractales

es el caso de las conductas imitativas, procesos de socialización, determinados fenómenos del quehacer cultural, la organización formal de empresas a diversos niveles de jerarquía, la transmisión de rumores en la población y ciertos efectos de los grandes medios de transmisión masiva.

Talanquer (1996) realiza un resumen adecuado de estas ideas: “Las figuras comunes de la geometría clásica o euclidiana no son las más adecuadas para generar formas complejas como la hoja de un helecho o el perfil de una montaña. Su limitación se debe a que tienden a perder su estructura cuando son ampliadas; un arco de círculo se transforma poco a poco en una recta; la superficie de una esfera se hace cada vez más plana. Esto no es precisamente lo que sucede con las formas naturales...la superficie rugosa de una roca mantiene prácticamente la misma complejidad a varios niveles de amplificación con el microscopio. Si analizamos una parte de la roca, y dentro de ella otra más pequeña, y así sucesivamente, no por ello nos parecerá cada vez más lisa.....podríamos fijar la atención en el ramaje de un arbusto: de una rama salen muchas ramas y en cada una de ellas se repite el mismo esquema. La ampliación de una parte del original es muy similar al original mismo. Los fractales no son solamente útiles para describir la geometría de las formas naturales, también nos proveen de nuevas herramientas para analizar sus propiedades dinámicas, la manera en que se desarrollan y evolucionan, o cómo interaccionan entre sí para competir u organizarse. Los fractales son sin duda alguna parte fundamental del nuevo lenguaje de la complejidad y el caos, y uno estaría tentado a decir que habitan en esa frontera tan sutil entre el orden y el desorden. Hay quien dice que están dentro del espejo que separa al reino del caos del dominio de la organización y la estructura”.

Al evocar a tantos insignes pensadores de la antigüedad, el Renacimiento y la Ilustración, absortos, de manera obsesiva, en la búsqueda de perfección en la naturaleza, o en un mundo ideal trascendental, no podemos evitar sentir cierta curiosidad exenta de malicia. ¿Cuánta perplejidad legítima los hubiera embargado, si repentinamente hubieran discernido que la perfección de la naturaleza no

radicaba en las formas perfectas de la geometría euclidiana, meras abstracciones del ser humano, sino en la optimización de las formas, en una irregularidad emergente de leyes relativamente simples, aún cuando, como insiste Stuart Kauffman, no tenemos todos los elementos necesarios de comprensión? Esa es la verdadera perfección de la naturaleza; y esa “perfección” es fractal.

AUTOPOIESIS, COGNICIÓN Y ECOPOIESIS

Morin (1993) ve en la relación orden-organización un bucle circular-recursivo: la organización produce el orden que mantiene la organización que lo ha producido, la organización co-produce la organización. El orden organizacional protege contra el desorden del exterior (alea, agresiones) e interior (degradación, antagonismo). Con anterioridad, Maturana y Varela (1980) visualizaron esta relación en un patrón reticular: “los seres vivos constituyen un sistema organizado (autoorganizado) como una red completa de producción molecular tal, que las moléculas producidas generan la misma red que las producen a ellas y especifican su extensión”. A esta producción-de-sí-mismo la bautizaron como *autopoiesis*.¹⁵ Este proceso sistémico constituye la materialización de la capacidad de mantener la vida su propia organización a través de su propia estructura.

La autopoiesis es la forma de existencia de los seres vivos. Maturana y Varela propusieron que si una entidad está viva, es porque está organizada de tal modo, que todos sus componentes y procesos producen conjuntamente esos mismos componentes y procesos autorreferencialmente, posibilitando así la existencia de un sistema autónomo que se auto-produce. Más adelante (Maturana y Varela, 1984) afirmaron “En la organización de los seres vivos no hay separación entre el productor y el producto. Su único producto es sí mismo”. El ser y el hacer de una unidad autopoietica son inseparables.

Maturana (1980b) caracteriza de la siguiente manera a los sistemas autopoieticos:

- a) Sistemas dinámicos definidos como una unidad estructurada como una red o retículo de producción de componentes.
- b) A través de la interacción con el ambiente generan recursivamente el retículo de producciones que los producen.
- c) El sistema realiza este retículo como una unidad en el espacio en el cual existen, mediante la constitución y especificación de sus límites y superficies de división del ambiente que les rodea, a través de sus interacciones preferenciales dentro del retículo.

Estas unidades son clausuradas organizacionalmente y abiertas estructuralmente. Por ello poseen identidad propia y la flexibilidad suficiente para poder evolucionar. Jaramillo (1993) moldea esta idea al plantear que los seres vivos se auto-construyen mediante la producción recursiva de sus componentes. Murphy y O'Neill (1999) expresan, “La vida no puede existir sin ambos procesos, el orden a partir del desorden para generar vida, y el orden a partir del orden para asegurar la persistencia de la vida”. La autopoiesis, como proceso autoorganizador, genera orden y complejidad a partir de elementos y procesos más simples del entorno, pero también, por su carácter recursivo y disipativo, preserva orden, el orden dinámico y no-lineal, alejado del equilibrio termodinámico, distintivo de la vida. El consenso general en la actualidad es que no sólo los organismos vivientes, sino las sociedades y organizaciones humanas también son autopoieticas.

Capra (2002) puntualiza que los componentes del retículo autopoietico se renuevan y producen los unos a los otros a través de dos vías: autorrenovación -la cual opera al nivel de los componentes mismos, expresados en la renovación de moléculas, ciclos, células- y la creación manifestada en la producción de nuevas estructuras y nuevas conexiones. Estos últimos cambios están más relacionados con el desarrollo ontológico que los primeros, los cuales emergen de procesos recursivos y ciclos del organismo. De esta manera, el proceso vital, a la vez que una inevitable praxis recursiva, es también una póiesis frenética. Para Sulis (2004), una red de conectividad puede ser una red de emergencias horizontales, lo cual **refuerza** la concepción sistémica, holística y autoorganizada de la autopoiesis.

A las estructuras disipativas autopoiéticas no les basta con el intercambio de materia y energía con el medio. Los seres vivos son también sistemas adaptativos. En palabras de Wagensberg (2000), una estructura disipativa no viviente se *adapta* a una nueva situación, en el sentido que el sistema es sencillamente empujado por una trayectoria termodinámica hacia una fase compatible con el nuevo contexto. Con la vida emerge la percepción y la acción; el control del intercambio material-energético debe estar mediado por otra magnitud cualitativamente nueva: la *información*. En esta misma línea de pensamiento, Cameron (2001) establece que una entidad viva es un *agente*, porque su acción cambia al mundo. Una característica de esta agencia es la *intencionalidad*. Las acciones son en algún sentido *para* la entidad y acerca de cosas en el mundo. Una entidad es un agente de un acto si la acción puede ser descrita bajo cualquier aspecto que la haga intencional para la entidad. Las acciones de un agente son intencionales si éstas cambian cosas en el mundo, y si estos cambios son para la entidad. Y para ello es necesaria la información, señales, signos que hacen la diferencia, hacia y desde la entidad.

Morin (1989) discurre, “Los seres vivos, al ser co-dependientes con su ambiente, al mismo tiempo que se autoorganizan, se eco-organizan”. La autopoiesis, discierne el filósofo, requiere del *oikos* (que significa patria, casa, residencia, lugar donde se habita, tener hogar). “La autoorganización, que es capacidad del sí-mismo de mantenerse, regenerarse, producirse, es también auto-ecoorganización; o sea, la organización del sistema vivo, al mismo tiempo que se separa del ambiente, se liga tanto más a él, intercambiando materia, energía, información”. El ser viviente se genera, se organiza y reorganiza permanentemente embebido en la eco-organización. De acuerdo con Lavanderos y Malpartida (2002), a esta autoorganización co-dependiente organismo-entorno se le puede llamar *ecopoiesis**. El organismo hace habitable su propio ambiente a través de los procesos ecopoiéticos. De este modo, la relación organismo-entorno conforma una unidad

*De acuerdo con lo anterior, el término *ecopoiesis*, como creación de entorno, es congruente, porque significaría la creación del *oikos* propio, del “otro” ambiente, consustancial con el organismo que lo co-construye y constantemente co-determinado por la existencia del organismo.

sistémica. La autorreferencia del organismo como sistema con identidad propia respecto al ambiente es indisoluble e inalienable con la referencia al ambiente, que a su vez es parte integral de su identidad como organismo, es decir, el entorno. Así, precisan Lavanderos y Malpartida, tomando como unidad al sistema organismo-entorno, el organismo es *autopoiético* respecto a la unidad, pero esta unidad, como una *emergencia* del organismo-entorno, es *ecopoiética*.

Lavanderos y Malpartida propugnan que el ambiente y el entorno deben ser distinguidos como diferentes (Fig. 2.8). El entorno *es*, si lo *es para algo o para alguien*, lo cual no es necesariamente cierto para el ambiente. El ambiente está constituido por todas las variables que un observador distingue sin considerar al organismo, mientras el entorno es todo aquello especificado por el organismo y expresado por las conductas emergentes del sistema ecopoiético; es la expresión actual de ese proceso histórico. De esta manera, es necesario reflexionar no en términos de la evolución del individuo, la población o la especie, sino en términos de la evolución del organismo y su entorno *como una unidad no-lineal*. Estos autores enfatizan que el acceso al entorno de cualquier organismo no es necesariamente experienciable

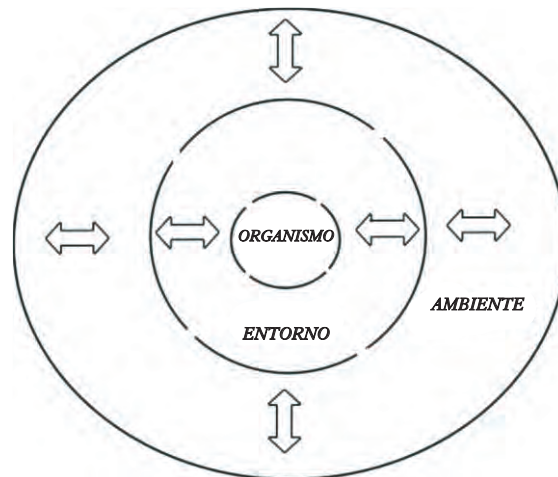


Fig. 2.8. Organismo y entorno conforman una unidad. Es por ello que se representan abiertos al intercambio y co-determinación mutuas, y en intercambio con el ambiente.

por un observador. Sólo podemos aquilatar que los organismos discriminan algo, que responden a diferencias, pero no necesariamente *cómo* discriminan.

En el criterio de Lavanderos y Malpartida, el entorno no es algo exterior al organismo; ello equivaldría a decir que el organismo *está en un entorno*. Debemos pensar que el organismo *vive en su entorno*, si asumimos la noción de sistema organismo-entorno como unidad emergente de la autopoiesis y la ecoipoiesis. El entorno queda definido por estos autores como *las configuraciones relacionales de territorialidad única y permanente para un sistema vivo*. El ambiente es externo al organismo; pero es necesario no perder la perspectiva de que el ambiente global de nuestro planeta no es independiente de los organismos, sino se encuentra co-construido por los mismos. Los organismos están embebidos en un ambiente que en parte es co-construido por los propios organismos. El ambiente global del planeta es un proceso emergente de la propia existencia de los organismos y de los procesos geológicos del mismo. Pero el entorno es emergente de la unidad ecoipoética.

Esta concepción no es incongruente con la percepción de entorno como *estructura externa o condiciones de límite*, mencionada con anterioridad; es decir, como parte de la identidad del propio sistema. El entorno es *único* para cada sistema vivo, porque es un proceso dinámico de conformación de identidad e historia y además *permanente*, en el sentido de constituir una invariante biológica en la dinámica histórica no-lineal de cada sistema viviente. El entorno es la frontera, permeable y porosa; frontera de integración más que de límite, entre el ambiente interno del organismo y el ambiente externo. Para el caso de los seres humanos, Lavanderos y Malpartida expresan que el entorno se expresa a través de la cultura. Así, proponen el término *ecotomo*, al cual definen como “configuración relacional sistémica que permite reformular la unidad cultura-naturaleza para un determinado contexto de significado”. Por ejemplo, El *oikos* del ser humano no es el bosque o la pradera, sino la cultura* a través de la cual en-acciona embebido en ese bosque o en esa pradera. Nuestro entorno no es “algo allá afuera”, sino el emergente

*Lavanderos y Malpartida definen a la cultura como una metaconfiguración organizada sobre la base de la conservación de pautas de lo que uno hace suyo (agenciamiento) y de lo que uno se hace parte de

de nuestro comportamiento que a su vez modela nuestras acciones.

Capra (1996, 2002) delimita tres criterios claves que caracterizan el *ser* de las entidades vivientes: el *patrón de organización*, la *estructura* y el *proceso vital*. Señala a la *autopoiesis* como el patrón de organización y a la *estructura disipativa* como la corporeización del patrón autopoietico. También indica una cuarta dimensión de la vida: el *sentido*. El proceso vital sería la *cognición*, la *mente*. La cognición es la actividad involucrada en la auto-generación y auto-perpetuación de los retículos vivientes. *Vivir es conocer*, abogan Maturana y Varela. Cognición es mente, aprendizaje; y el aprendizaje es el proceso vital. El cerebro y la conciencia son estructuras y procesos respectivamente, que han evolucionado como propiedades emergentes de la mente, del proceso cognitivo. La vida es aprendizaje continuo, es mantenimiento de la identidad.

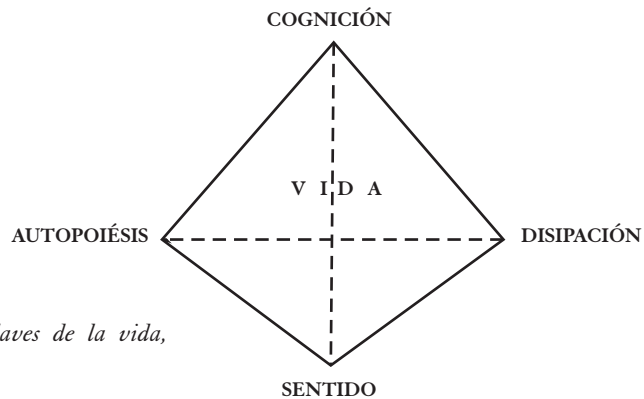


Fig. 2.9. Criterios claves de la vida, según Capra.

La mente, o mejor aún, la actividad mental, como sugiere Capra (2002), es un proceso inmanente a todos los niveles de la vida. La mente es un *atractor* difuso de todo el cuerpo, de cada sistema, de cada célula. La famosa escuela de la cognición de Santiago de Chile, de Maturana y Varela (1980), insiste en que la cognición es “alumbrar el mundo”, co-construirlo. Cognición es percepción, es comportamiento, no requiere ni de cerebro ni de sistema nervioso. Los organismos no “reflejan” el mundo, lo co-construyen desde adentro y en interacción con su

entorno; es un continuo alumbramiento. La mente, y por lo tanto la cognición, está embebida en el cuerpo: está corporeizada (Capra, 1996, 2002). La percepción del mundo por cada organismo está condicionada por su estructura corporal, por la estructura y funcionamiento de sus órganos. El mundo para cada organismo no es *el mundo*, sino *su mundo*, su propia co-construcción.

Capra aduce que esta concepción de la mente y la conciencia barre, desde un punto de vista netamente científico, la división cartesiana entre la “cosa pensante” o mente (*res cogitans*) y la materia o “cosa extensa” (*res extensa*). Este dualismo, “ha hechizado la ciencia y la filosofía occidental por más de 300 años”. Por otro lado, también redirige la concepción de la mente o el “alma”, no como una entidad o “cosa”, sino como un proceso. El mundo no está separado del “yo”, como la mentalidad cartesiana vislumbra. La mente es una propiedad sistémica, emergida de la autoorganización de los sistemas vivientes; constituye una red de atractores difusos, de enjambre, de los seres vivos. La mente, y su vehículo, la cognición, es el proceso mediante el cual el organismo es capaz de actuar como agente autorreferencial, de auto- (geno-feno-ego)-eco-reorganizarse,¹⁶ según sugiere Morin. La mente es el proceso de alumbrar el mundo individual, según han metaforizado Maturana y Varela. Organismos más complejos requieren de procesos autorreferenciales, mentales, también más complejos. Esa es la función básica de los sistemas inmunológico y nervioso, que pueden considerarse como una red de redes cognitiva, de autorreferencialidad, de detección y continuo autorreconocimiento de la identidad del organismo. Más que de una incansable detección de lo ajeno, se trata de una actividad perenne para la reafirmación de lo propio.

La cognición emerge de la autopóiesis y de la interacción de los sistemas vivientes con el ambiente. Maturana y Varela ven en la cognición la actividad involucrada en la auto-generación y auto-perpetuación de los retículos vivientes. La *ecopoiesis, por consiguiente*, es el proceso donde se encuentra embebido, en-actuando, la actividad cognitiva, es el proceso que hace posible la autoorganización y la evolución de la cognición, a través del continuo acoplamiento estructural (toda

interacción organismo-ambiente se refleja en un tipo dado de *cambio* en el organismo, como resumen Maturana y Varela y Capra). Los cambios estructurales son una consecuencia del continuo acoplamiento estructural en la estructura disipativa de la organización autopoietica. La interacción con el ambiente requiere de constantes acoplamientos estructurales.

El ambiente dispara los cambios, pero el propio organismo es quien lo determina. Capra (2002) lo ejemplifica con el posible espectro de reacciones de un perro cuando es golpeado; éste podrá responder huyendo, adoptar una postura defensiva o devolver la agresión. Cambios climáticos o de otro tipo en un espacio donde viven organismos también estimularán acoplamientos estructurales de éstos, tanto en relación con las nuevas condiciones, como con reajustes en la red de interacciones ya existente. Este continuo acoplamiento estructural organismo-entorno-ambiente es el proceso ecopoietico. El organismo siempre procurará vivir en *su entorno* autoorganizándose ecopoieticamente. Aún más, Capra reflexiona que las interacciones y la conducta del organismo son procesos que están determinado por la historia previa de cambios estructurales.

Así, tenemos una historia determinista, pero no en el sentido mecanicista de una causalidad eficiente exterior, sino en el sentido de una negociación ecopoietica básicamente endógena. Capra concluye, en plena coincidencia con Maturana y Varela, que los sistemas vivos responden autónomamente a las perturbaciones desde el ambiente con cambios estructurales, estableciendo un reajuste de sus patrones de conectividad. De esta manera, “Usted no puede jamás dirigir un sistema vivo; usted podrá únicamente perturbarlo”. Por último, Capra acentúa: “El sistema vivo no sólo especifica sus cambios estructurales; también especifica *cuales perturbaciones del ambiente los dispararán*”. En otras palabras, un sistema vivo tiene la *libertad* de “decidir” que tener en cuenta y qué lo perturbará. Las perturbaciones del ambiente no pueden dirigir el proceso de la ecopoiesis, que es un proceso auto-determinado.

La autopoiesis es un proceso autorreferencial, de producción de-y-para-sí. Los seres vivos son agentes autónomos que actúan en su propio beneficio

(Kauffman, 2000). Por lo tanto, crean sentido para sí mismos. Piet Hut, junto con Stuart Kauffman y Briant Goodwin (2000) bosquejan la atrevida y excitante idea que la complejidad es un nuevo aspecto de la realidad, además del espacio y el tiempo. Ese nuevo aspecto del universo, expresado a través de la complejidad, es el *sentido*. Todo proceso, todo objeto, existe en un *dónde* (espacio) y en un *cuándo* (el tiempo), pero los complejos sistemas vivientes realizan un *cómo*: a través del sentido (Fig. 2.10). Un individuo produce sentido dentro del tiempo y el espacio; nos movemos, como sistemas complejos vivos, en una dimensión de sentido. El sistema detecta la diferencia que para él, gracias a su autorreferencialidad, a su capacidad cognitiva, a su mente, hace la diferencia.



Fig. 2.10. Dimensión ontológica de la complejidad.

Miranda (2004) es escéptica respecto a la contribución novedosa de la perspectiva de la complejidad para la construcción del conocimiento en nuestra contemporaneidad. Para enfatizar su percepción, cita la conocida sentencia de los eclesiásticos: *nihil nuove sub sole*. Por nuestra parte, comulgamos con Shakespeare: *There are more things in heaven and earth, Horatio, / Than are dreamt of in your philosophy.*

Capítulo 3

Un balance emergente

Personalmente, creo que al menos hay un problema...que interesa a todos los hombres que piensan; el problema de comprender al mundo, a nosotros mismos y a nuestro conocimiento, en tanto que éste forma parte del mundo”. Karl Popper

“Nuestra única realidad inmediata es nuestra representación de la realidad y nuestra única realidad concebible es nuestra concepción de la realidad”

Edgar Morin

“Lo que hemos intentado construir es una vía estrecha entre estas dos concepciones que inducen ambas a la alienación, la de un mundo regido por leyes que no otorgan lugar a la novedad, y la de un mundo absurdo, acausal, donde nada puede ser previsto ni descrito en términos generales”

Ilya Prigogine

*Et nunc regus, intelligite; erudimini qui iudicatis terram**

LA OBJETIVIDAD Y LA SIMPLICIDAD, EL SISTEMA SUJETO-OBJETO, Y EL TAO DE LA FÍSICA

La aceptación y corroboración científica de fenómenos con comportamiento complejo, conlleva un desplazamiento de nuestras perspectivas epistemológicas. Sobre alguna de las repercusiones generales consecuentes, como la relación cognitiva sujeto-objeto, la percepción de la causalidad y la construcción de conocimiento, discurriremos en este capítulo.

* *Ahora pues, ¡oh reyes!, obrad prudentemente; dejas persuadir, rectores todos de la tierra (David, Salmos II, 10)*

Pero franqueémosle a Edgar Morin (1989) la entrada a nuestras reflexiones: “El paradigma de la simplificación (disyunción-reducción) domina hoy nuestra cultura. Separa sujeto y objeto, divide el objeto y lo reduce a un elemento universal simple o a una ley general capaz de explicarlo todo. Si el pensamiento simple se funda sobre la dominación de dos tipos de operaciones lógicas: disyunción y reducción, ambas mutilantes, los principios del pensamiento complejo, entonces, serán necesariamente los principios de distinción, conjunción e implicación. La complejidad no sólo se incrementa por volúmenes mayores de interacciones; comprende también incertidumbres, indeterminaciones, fenómenos aleatorios. Está relacionada con el azar; ligada a cierta mezcla de orden y desorden”. Posteriormente, Morin (1993) avizora más grave aún la situación, de manera que subraya “El pensamiento simplificante ha llegado a ser la barbarie de la ciencia. Es la barbarie específica de nuestra civilización”.

Novo (2002a) invita a la meditación, “La modernidad que estamos dejando atrás, no sin desgarró, es el tiempo de las dicotomías, de las disecciones, del análisis exhaustivo de las partes en ausencia del todo. La modernidad es, también, escenario de una larga representación: la del triunfo de la economía, o mejor del economicismo, sobre la ecología y los valores asociados a la conservación del medio ambiente”. Y continúa esta autora: “Estamos superando- no sin dolor- el viejo modelo de pensamiento de una Modernidad que ancló su discurso en la homogeneización de la vida, en el valor de lo grande, en metarrelatos históricos.... Otros valores emergentes se abren paso con presteza: el valor de la diversidad; la resistencia de lo pequeño, lo descentralizado; el sentido de los contextos y también de las 'historias', irrepetibles, idiosincrásicas, imposibles de medir u homologar; el reconocimiento de los sistemas vivos como ámbito de posibilidades y no de determinismo”. Para Novo, la gran heredad es ominosa: “Necesitamos salir del laberinto. Un laberinto marcado esencialmente por la separación entre elementos cuya vocación primigenia es la unidad en la

diversidad: el cuerpo y la mente; el ser humano y la naturaleza...también la ciencia y el arte”.

Pigem (2002) consigna: “En las teorías científicas predominantes, la naturaleza no es una fuente de asombro en la cual participamos, sino un complejo sistema de mecanismos del que no nos sentimos parte y que intentamos someter a nuestro control. Esta nueva ciencia (la complejidad), que nos invita a participar en la realidad, en vez de intentar controlarla, abre brecha en los muros que hemos levantado entre el sujeto y el objeto, la cultura y la naturaleza, lo racional y lo intuitivo, y permite así que la ciencia pueda reconciliarse con el arte y la naturaleza”. Pigem resalta que la *via magna* fue fraguando la idea del dominio y subyugación de la naturaleza. De este estilo era la postura beligerante de Francis Bacon, “Hay que vencer a la naturaleza, capturarla, constreñirla y hacerla esclava”. Para ello llama a la unidad de la humanidad: “los hombres deben hacer la paz entre ellos, y realizar un vuelco con sus fuerzas unidas contra la Naturaleza de las cosas, a arrasar y ocupar sus castillos y baluartes, y extender los límites del imperio humano”*.

Coherente con dicha cosmovisión, Descartes, en su Discurso del Método, propone: “Me han hecho ver que es posible alcanzar conocimientos muy útiles en la vida; y que en lugar de esa filosofía especulativa que se enseña en las escuelas, se puede encontrar otra práctica, mediante la cual, conociendo la fuerza y las acciones del fuego, del aire, de los astros, de los cielos y de todos los demás cuerpos que nos rodean, tan distintamente como conocemos los diversos oficios de nuestros artesanos, podríamos emplearlos del mismo modo en todos los usos para que son propios, y transformarnos así en dueños y propietarios de la Naturaleza”. Y aun en plena contemporaneidad, Dawkins (1998) asume que la ciencia es domesticar el tiempo y el espacio.

No podemos sustraernos de citar de nuevo a Morin (1974): “Desde Darwin admitimos que somos hijos de primates, pero no que nosotros mismos seamos

* *Al parecer, Bacon reflexionó sobre el tema con más cuidado, pues también consignó: non nisi parendo, vincitur (no se la vence sino obedeciéndola)*

primates. Estamos convencidos de que, una vez descendidos del árbol..., nos hemos alejado para siempre de él, y de haber construido, al margen de la naturaleza, el reino independiente de la cultura. Evidentemente, nuestro destino es excepcional en relación al de los demás animales, primates incluidos, a quienes hemos domesticado, reducido, rechazado, puesto entre rejas o en reserva*. Nosotros hemos edificado ciudades de piedra y acero, inventado máquinas, creado poemas y sinfonías, navegado por el espacio. ¿Cómo no creer que, aunque salidos de la naturaleza, no seamos, a pesar de ello, extranaturales y sobrenaturales? Desde Descartes pensamos contra natura, seguros de que nuestra misión consiste en dominarla, someterla y conquistarla”. Y Novo (2004) resume este panorama al decir “vivimos en una sociedad donde la lógica de conocer como dominio se ha prolongado en la lógica de dominar como destrucción”.

La complejidad, en el sentir de Ciurana (2001a), “comienza a aparecer cuando uno se plantea la pregunta por el sentido de la historia y se da cuenta de que el único sentido de la historia es el que se va construyendo conforme hacemos historia. Desde el momento en que uno asume la naturaleza humana, creativa e inventiva, no puede pensar en determinar la historia”. De igual modo, Najmanovich (2002) percibe en el “hechizo” del método y en las historias que se “cuentan solas”, alienadas en apariencia de la contaminación subjetiva, otra de las grandes herencias de la modernidad: “Para liberarnos de este hechizo metódico... es necesario prestar atención al estilo narrativo que lo constituye al mismo tiempo que lo posibilitó. Me refiero a la 'afabulación'. Este género discursivo consiste básicamente en la construcción de un discurso que se niega a sí mismo como tal. Un discurso que se pretende a la vez 'neutro' e 'impersonal'. Un hablar sin hablante y sin forma... La afabulación es una fábula... borra la complejidad histórica de los itinerarios efectivos de la investigación, generalmente

* *También los seres humanos lo hacen con otros seres humanos, cosa que tampoco hace el resto de los primates entre sí, por lo cual somos, en adición, doblemente excepcionales.*

enmarañados, intrincados, plenos de abismos y caminos sin salida, de senderos que se bifurcan y caminos muertos, para reemplazarlos por una fábula con desarrollo lineal y final feliz. ... Cuando llegamos a la meta, después de arduos desvelos y no pocas dificultades y rodeos, podemos inventar retroactivamente un camino directo que une al final y al principio.... Podemos reescribir la historia. La educación moderna consiste fundamentalmente en esta operación de limpieza, simplificación y reescritura que suplanta la historia viva por una caricatura despojada e inerte”.

Y prosigue con vehemencia la socióloga: “Esta reescritura de la historia, este discurso afabulado, ... hace posible la ilusión de una historia pura y lineal. El método peina a una historia desgredada, depurando el pasado, exorcizando la complejidad e inventando una autopista... La simplicidad de los mapas no es correlativa a la del territorio: es una abstracción geométrica que descarta el relieve concreto, el clima y sus vaivenes, los depredadores y sus afanes, los pantanos y sus albures, las bifurcaciones y sus acechanzas.... Bajo su hechizo (del método), aunque no por su mérito, se construyó todo un modo de experiencia y legitimación del conocimiento. ... El método conlleva un tribunal de fiscalización, supone un único sistema de medidas; exige que se cumplan con sus postulados, y de ese modo achata la experiencia a sus parámetros. El imperio del método es el de la simplicidad. El desafío de la contemporaneidad es el de la convivencia con la incertidumbre y la diversidad. Para aceptar este reto el pensamiento complejo no puede restringirse, admitir fronteras infranqueables o métodos a priori. Es preciso... abrir un espacio de pensamiento multidimensional capaz de producir sentidos ricos y fértiles, pero no garantizados ni absolutos”.

Respecto a la necesidad de una nueva concepción acerca del método (sin fascinarnos por su posible “hechizo”), expresa Morin (1993): “Nuestra necesidad histórica es hoy un método que detecte y no oculte las uniones, articulaciones, solidaridades, imbricaciones, interdependencias y complejidades. Es necesario... transformar los círculos viciosos en virtuosos, que lleguen a ser reflexivos y generadores de un pensamiento complejo. El método es lo que enseña a aprender.

El método se opone aquí a la concepción llamada metodológica, en la que es reducido a recetas técnicas.... No se trata ya de obedecer un principio de orden (excluyendo el desorden), de claridad (excluyendo lo oscuro), de distinción (excluyendo las adherencias, participaciones y comunicaciones), de disyunción (excluyendo el sujeto, la antinomia, la complejidad) es decir, un principio que una la ciencia a la simplificación lógica. Se trata, por el contrario, a partir de un principio de complejidad, de unir lo que estaba disjunto”.

De manera que hemos heredado un metaparadigma globalizante, poseedor de una cosmovisión dominadora en la generalidad de la ciencia y de la vida cotidiana actual. Este metaparadigma es el ideal de la simplicidad, la compulsión por lo metódico y lo simplificado. Como señala Samsónov (2004), la intención de los fundadores de las principales teorías críticas y unificadoras (pudieran señalarse, entre otros, a Kant, Hegel, Marx, Freud, Darwin y Einstein) siempre ha sido la posibilidad de establecer un grupo de principios simples o leyes de carácter general. De este modo, el advenimiento de las visiones complejas, las cuales se fundamentan en premisas radicalmente diferentes, constituyen un reto para las teorías críticas. Embebido en ese ideal de la simplicidad, también se encuentran las razones del determinismo, del afán por lo predecible y lo controlable; de la dicotomía entre el objeto a conocer y el sujeto que conoce.

En consecuencia con esta división, asegura Capra (1996), se creía que el mundo podía describirse objetivamente, lo cual equivale a no mencionar jamás al observador humano, y semejante descripción “objetiva” de la naturaleza se convirtió en el ideal de toda la ciencia. Rozo (1999) también abunda en el tema: “Una característica de la ciencia clásica desde el siglo XVII ha sido la separación sujeto/objeto con el fin de proponer una objetividad científica, en la cual, la subjetividad del sujeto cognoscente no interfiera en las percepciones, descripciones y comprensiones; es decir, en el discurso que elabora. Ello supone dos elementos configurativos del conocimiento: la existencia de una realidad/objetividad en sí y por sí, independiente y externa del sujeto cognoscente, capaz de enviar información a

éste.... y la existencia de un sujeto separado del objeto que posee las cualidades suficientes para acceder a dicha información y generar con ella conocimiento de una realidad que le es externa”.

Según considera Ibáñez (1991), “El sujeto y el objeto son efectos del orden simbólico. El orden simbólico regula el intercambio de objetos, de sujetos y de mensajes. El sujeto es el que intercambia; objeto es lo que se intercambia. El orden simbólico preexiste a los sujetos y a los objetos: cuando vienen a la existencia, tienen señalado allí su lugar”. El sujeto en la ciencia clásica es absoluto porque se encuentra en una posición absoluta; y así es capaz de acceder desde cualquier punto o momento a la verdad del objeto. Esta relación establece una función universal, no singular. Es una visión desde ningún sitio en particular. Los objetos singulares son universalizados por una conceptualización universalizante del conocimiento a través de métodos también universales. Los objetos no son afectados por las manipulaciones epistemológicas o por la praxis de los sujetos. Estos, a su vez, se desmaterializan, dejan de ser los seres biológicos-sociales que son, pletóricos de intereses, fobias, pasiones, sentido y deseos.

Oliveira (2004) contrasta que la interacción entre el sujeto y el objeto en el curso de la investigación científica produce eventos asombrosos, pero desde el punto de vista de la ciencia experimental tradicional, el pesquisidor se halla en contacto con un mundo totalmente indiferente a él. Esta indiferencia es completada por la creencia según la cual, mantenidas las mismas condiciones experimentales, los objetos reaccionan de la misma manera. De modo que es establecida una frontera arbitraria entre lo secundario y lo esencial, entre lo irrelevante y lo relevante. La consecuencia es que muchos problemas no llegan a ser planteados porque nadie es capaz de pensarlos como problemas. Así, los sujetos trabajan y manipulan, supuestamente, desde una posición de pureza prístina, a través de métodos ideales e idealizados, sin afectar los objetos indagados y despersonalizándose ellos como sujetos. La psiquis se divide en dos: en el *yo* real, totalizante, impredecible, pasional, relacional y configurativo, y el *yo* indagador; pero éste último despojado de

emociones, deseos, historia y contexto. En una palabra, deshumanizado. Constituye la creación de una esquizofrenia racionalizada.

Desde esta perspectiva, el mundo es simple, los objetos están dados, de manera absoluta, a través del descubrimiento y análisis de sus componentes, y de las leyes que los rigen. Como las leyes y las fuerzas son siempre externas a los objetos, entonces la única causalidad válida es la eficiente. Y por ese mismo camino, el único tipo serio de racionalidad es la epistémica, porque sólo mediante los caminos de la razón pura y una praxis cercada por la ortodoxia más maniqueísta, es posible deducir y explicar la objetividad del mundo. La objetividad consiste en no involucrar lo interno de los sujetos con ese mundo cognoscible por sí mismo. Es el ideal de la objetividad absoluta del mundo, alcanzable a través de la combinación de la capacidad de razonar del ser humano y de su actividad práctica. Pero la objetividad idealizada implica la absoluta separación epistemológica entre el objeto que se estudia y el sujeto que indaga. Se alcanza una hipertrofia de la simplificación: para hacer más simple, claro e inteligible el objeto-a-ser-conocido, se simplifica hasta su desaparición al-sujeto-capaz-de-conocer.

Respecto a la exclusión del sujeto en el “método” científico, discursa Morin (1993) “La ciencia clásica era incapaz de concebirse como objeto de ciencia, porque era incapaz de concebirse como sujeto de la ciencia, porque el sabio era incapaz de concebirse como sujeto de la ciencia. Separando al que conoce nunca se camina hacia el conocimiento complejo.tendríamos que concebir un conocimiento que produzca al mismo tiempo su auto-conocimiento. El saber transforma y nos transforma.....una ciencia que aporta posibilidades de auto-conocimiento... que reconoce el misterio de todas las cosas, podría proponer un principio de acción que no ordene, sino organice; que no manipule, sino comunique; que no dirija, sino anime. Cuando el discurso se hace impersonal, triunfa la comedia. El sujeto que desaparece de su discurso se instala en la torre de control. Fingiendo dejar sitio al sol copernicano, reconstituye un sistema de Ptolomeo cuyo centro es su espíritu”.

La objetividad, en el decir de Najmanovich (1994) “...fue concebida como

la capacidad de algunos sujetos de abstraerse tanto de su subjetividad como de toda influencia social, y de transformarse en una superficie reflectante que produce una imagen virtual (el conocimiento “objetivo”) idéntica o isomórfica con el objeto 'real', el cual sería independiente y anterior a la imagen...”. Y Ciurana (2001a) expresa: “El método / estrategia de la complejidad busca no sólo **explicar**, sino también **comprender**... desde el momento en que da tanta importancia al método como a la estrategia debe **incluir el papel fundamental del sujeto / estratega** en la construcción del conocimiento. Repitémoslo: no reflejamos la realidad, la construimos. La metáfora del espejo es lisa y llanamente falsa”.

Maturana (1997) concibe dos vías explicativas o de comprensión en relación con la objetividad. A una de ellas la llama *objetividad sin paréntesis o trascendental*. En ésta, el observador asume que la existencia tiene lugar con independencia de lo que él, o ella, hace; las cosas existen independientemente de si él o ella las conocen, y de si él o ella pueden conocer independientemente acerca de ellas a través de la percepción o la razón. Esta concepción constituye una aprehensión de lo real y lo objetivo que conduce al observador a pensar y requerir que los demás conciban un dominio único de la realidad y un camino explicativo exclusivo. Esta visión provoca que los observadores no se responsabilicen con los desacuerdos en sus explicaciones, cuya validez no depende de ellos. Ese es, en el decir de Maturana, el camino explicativo donde “una pretensión de conocimiento es una demanda de obediencia”.

La siguiente distinción de Maturana es la *objetividad con paréntesis o constitutiva*. En ella, el observador acepta su condición de ser vivo, donde sus actividades cognitivas son fenómenos biológicos, emergentes en su realización como sistema viviente. Maturana prosigue: “el observador tiene que aceptar como sus características constitutivas todas las características constitutivas de los sistemas vivientes, particularmente sus incapacidades para distinguir en su experiencia lo que en la vida diaria distinguimos como percepción e ilusión”. Cuando el observador acepta sus limitaciones en tanto ser biológico, de la estructura

corporeizada de su mente, entonces cualquier pretensión de absoluta objetividad deviene mera ilusión, pues como Maturana resalta, esta presunción "...se vuelve absurda o vacía, porque no existe operación del observador que pueda satisfacerla. En el camino de la objetividad con paréntesis, la existencia es constituida con lo que el observador hace, y el observador trae a mano los objetos que él o ella distingue con sus operaciones de distinción, como distinciones de distinciones en el lenguaje".

Tales distinciones nos indican que la objetividad del mundo es un fenómeno perceptual de la autorreferencialidad de los sujetos que lo observan y que en él habitan. Nuestra mente está corporeizada, y nuestra sensación de las cosas se encuentra constreñida por el modo en que nuestros sentidos perciben la realidad, incluyendo la ampliación de nuestros sentidos físicos, corpóreos, a través de la actividad práctica con instrumentos sofisticados. Cuando avistamos flores blancas u hojas verdes, ello no significa que las flores o las hojas sean realmente y exclusivamente tal y como las percibimos. La única implicación posible de esta percepción es la de nuestra capacidad de captar la luz que reflejan en una determinada longitud de onda. Pero esa misma flor blanca puede tener en su centro un anillo de luz ultravioleta, invisible para nosotros, pero percibido cual faro fulgurante por una abeja. Multitud de insectos sólo distinguen los árboles como grandes bultos grises, pero son capaces de individualizarlos detalladamente, guiados por sutiles efluvios bioquímicos inadvertidos por los sentidos humanos.

Pero también percibimos al mundo a través de nuestras restricciones éticas, sociales y culturales. La objetividad del mundo es, necesariamente, autorreferencial, es una unidad de lo singular y lo diverso. Cada sujeto viviente, cada "ego" vive inmerso en su propia realidad y en su propia relación de auto-exo-referencialidad respecto al mundo. La única "objetividad" que existe, existe entre paréntesis, el paréntesis de nuestra mente corporeizada y nuestro contexto socio-cultural. Así lo refrenda Morin (1993): "vemos con los ojos, pero mediatizados por todos los puentes que han intentado e intentan colmar la brecha, llenar la ruptura: paradigmas; creencias; mitos; magia; ideologías; teorías; thematas...". Sotolongo (2002a) nos

dice: “Los objetos son constructos simbólicos del saber, construidos además intersubjetivamente desde los contextos de dicho saber, y tramados también intersubjetivamente en el lenguaje y el discurso. Los sujetos del saber no son, ni pueden ser, como una suerte de 'espejos' cognitivos que 'reflejan' la realidad 'tal cual ella es'. Los sujetos tampoco son reducibles a la Razón, aún menos a una razón centrada en sí misma, 'transparente' para esos sujetos, y ubicua, es decir, idéntica-en-todos-los-sujetos-en-todas-partes-del-mundo. Por el contrario, hemos comprendido, cada vez más, que tales sujetos son, y sólo pueden ser, el resultado de un proceso de constitución de subjetividades; y que tal subjetividad, lejos de ser transparente a su portador, es 'opaca' para el mismo, debido, por lo menos, a la indefectible presencia del subconsciente individual como parte suya”.

Delgado (2001) expone su criterio al respecto: “El objeto de investigación absoluto, reclamó un sujeto también absoluto, no humano en sentido corporal, sino una especie de entidad gnoseológica fuera del tiempo. El descubrimiento de las propiedades del mundo dependía del sujeto sólo en lo concerniente a cuán bien éste formulase sus preguntas, y con cuanta eficacia manejase los métodos. Pero el sujeto no se integraba al resultado final, el conocimiento”. Y consigna este filósofo cubano: “La absolutización de los poderes del sujeto como entidad trascendente condujo a su exclusión como ente real que participa en el proceso cognoscitivo. La producción del conocimiento se postuló realizada por un sujeto que no incorpora nada suyo al conocimiento que produce. La objetividad del conocimiento, entendida como descubrimiento de las propiedades del mundo exterior, y como exclusión de los errores y tergiversaciones que pudiese aportar el sujeto, demandó un sujeto universal y trascendente, no histórico. El saber debía ser alcanzado para todos los tiempos, como develamiento de las propiedades del mundo. La relación cognoscitiva objetiva demandó la exclusión del sujeto real. El resultado obtenido mediante esta operación cognoscitiva estaba investido de poderes absolutos. Era el conocimiento objetivo sobre el mundo; el mundo tal cual es”.

¿Cuál es la raíz, la médula, de este ideal de la simplificación? En apariencia, es perfectamente válido apuntar a la consecuencia de la actividad empírica del ser humano, y al propio carácter histórico y valorativo de esta praxis. A grandes rasgos, esta actividad se ha centrado, por un lado, en la dilucidación de mecanismos, mientras por otro ha insistido también en la creación de mecanismos con un objetivo básicamente pragmático y de dominación en sus más variadas facetas: del ser humano hacia la naturaleza, de grupos de seres humanos hacia otros grupos de seres humanos, del ser humano masculino, hacia su alter femenino, y del ser humano hacia el propio conocimiento que construye y acumula. Mientras más evidentes, sencillos de manipular, en fin, mientras más simplificados, sean los mecanismos o elementos básicos o subyacentes, y que estos además sean útiles para alcanzar determinados objetivos de manera rápida y eficiente, más se auto-refuerza el ideal de la simplificación.

En el parecer de Ciurana (2001a), la complejidad nos muestra otra realidad, diferente a la anestesiada que nos brinda el paradigma lógico del orden, de la simplificación, “El paradigma de la complejidad nos abre las puertas de la lógica de la articulación y la apertura frente a la lógica del fragmento. Un pensamiento creativo y creador es aquel que es paradigmáticamente dialógico. La lógica clásica es insuficiente, pero no podemos prescindir de ella en un pensamiento complejo. De ahí que complejidad no sea simplificación al revés.Más que sustituir la lógica clásica se trata de debilitarla si queremos comprender procesos complejos. Debe ser subsumida bajo el paradigma de complejidad. Debe ser desposeída de su poder totalitario. Pensar es pensar con y a pesar de la contradicción. No podemos eliminar la contradicción ni tampoco la incertidumbre”. Ciurana es congruente con Morin (1993): “No se puede prescindir de la lógica deductivo-identitaria: es también un instrumento de control del pensamiento que la controla. Esta es la razón de que la dialógica que proponemos no constituya una nueva lógica, sino un modo de utilizar la lógica en virtud de un paradigma de complejidad; cada operación fragmentaria del pensamiento dialógico obedece a la lógica clásica, pero no su movimiento en conjunto”.

Por su parte, Fernández (2004) insinúa que la compulsión de la simplicidad se encuentra enraizada en lo más consustancial del propio ser de nuestra especie. En su criterio, nuestra mente está configurada de manera innata para aprehender lo simple. La simplificación no sólo es una manifestación de nuestra racionalidad lógica, sino de nuestra arracionalidad biológica, de la estructura de nuestra mente y del acoplamiento de nuestros sentidos con el mundo. Fernández nos cuenta que Charles Peirce discernió entre simplicidad lógica, entendida como mera economía de componentes o reglas de transformación, y simplicidad natural. Según Fernández, la simplicidad natural se manifiesta en el fenómeno denominado por Galileo *il lume naturale*, la “luz natural de la razón”. Se trata de una facultad de la mente, consistente en sugerir la hipótesis correcta en virtud de una tendencia congénita a adivinarla, una vez que la actividad analítica elimina los impedimentos físicos o conceptuales que la oscurecen. Esta tendencia de la mente, que los pensadores del siglo XVII se inclinaron a justificar mediante argumentos teológicos, encuentra una explicación estrictamente naturalista en la epistemología evolucionaria de Peirce. Según este filósofo, la capacidad del pensamiento lógico debió de ser favorecida por la selección natural. Por supuesto, ello nos parece una hipótesis evolutiva.

Siguiendo a Fernández, podemos asumir nuestras facultades cognitivas en el contexto de una larga evolución biológica. Por lo tanto, es de suponer que estamos equipados con una propensión instintiva a entender y predecir con cierto nivel de éxito las posibles consecuencias de las acciones mecánicas y las secuencias de movimientos que abundan en nuestra experiencia y en nuestro obrar sobre el mundo. Ello representaría el elemento extra-lógico necesario para iniciar en la dirección apropiada la cadena de hipótesis y comprobaciones experimentales características del curso de la actividad científica. “El ejercicio de la simplicidad natural no se limita a la generación y selección de hipótesis...su papel principal se manifiesta en el proceso de *idealización*, un procedimiento de simplificación *sui generis*, cuyo empleo es uno de los rasgos más dominantes entre los que diferencian la ciencia moderna de sus antecesoras de la antigüedad y el medioevo occidentales”.

Estas idealizaciones en palabras de Fernández- reducen la aparente complejidad de los fenómenos que revela la experiencia, por medio de representaciones idealizadas del comportamiento de los sistemas físicos. Se basan en aplicar reglas simples de interacción (leyes) a clases restringidas de componentes (corpúsculos, planetas, etc.) dotados estos de propiedades selectas de reconocida inteligibilidad.

Los requisitos de la simplicidad natural confluyen así hacia dos tipos de simplificación; una concerniente a los componentes de un sistema físico, y otra a las reglas que rigen su comportamiento. Los componentes quedan caracterizados por unos pocos atributos cuantificables, representados por sus coordenadas espacio-temporales y, generalmente, un mínimo de propiedades intrínsecas. Las reglas, por su parte, deben ser codificables en simples algoritmos que, a partir de cantidades obtenidas por mediciones efectuadas sobre los componentes, computen cantidades que resulten corroboradas en futuras mediciones. El empeño básico de la simplicidad es descubrir una unidad subyacente a la multiplicidad de los fenómenos. Fernández ilustra acerca del empleo del neologismo *clasicidad*, el cual resume los rasgos definitorios de los objetos de la experiencia ordinaria, de marcado contraste respecto a los que distinguen las entidades cuánticas. Estas propiedades de los objetos macroscópicos abarcan, entre otras, una diáfana localización espacial en todo instante, perfecta identidad individual, absoluta separabilidad, y la observabilidad simultánea de sus distintas propiedades. Tanto los componentes como sus interacciones gozan de otro rasgo característico, su visualizabilidad.

Resulta evidente que el ideal de la simplicidad, la *clasicidad*, es básicamente una idealización dualista. La *clasicidad* consiste en buscar cualidades que objetivizen al mundo, separándolo de manera nítida y no superpuesta con el sujeto que lo observa. Es la partición de nuestra mente y cuerpo, y de estos respecto al mundo. Representa el aislamiento esquizofrénico del cuerpo y la mente, de la separación del cuerpo y la mente respecto a las cosas en el mundo y de la separación de las cosas del mundo entre sí. La *clasicidad* encarna la pretensión de huida de esa autorreferencialidad inescapable para todo sujeto, de la “contaminación” de la

subjetividad; pero la objetividad es tan solo un desideratum anhelado. Desde el punto de vista epistemológico, el objeto y el sujeto conforman un sistema; y este sistema es ontológicamente complejo. Aún más, desde el punto de vista ontológico, mente y cuerpo son una unidad. No crean las mentes sin sus cuerpos ni deambulan los cuerpos sin las mentes. Si nos atenemos a las reflexiones de Fernández, es evidente que la simplicidad natural deviene necesariamente hacia una idealización, lo que a su vez desemboca en un esquema simplificador del mundo, mediado por la praxis social. Este es un bucle recursivo y auto-generativo; por lo tanto, es un sistema autorreferencial. Y la recursividad es un proceso típico de los sistemas complejos. De manera que la construcción de la metáfora de la simplificación y la objetividad, de la anti-autorreferencialidad, es una emergencia de la obligatoria autorreferencialidad de los sujetos.

Lo anterior reviste matices paradójicos. Mas la aparente paradoja sólo persiste como tal si no consideramos ni dialéctica ni dialógicamente a lo simple y a lo complejo. Generamos un ideal de la simplificación, porque percibimos sólo relaciones simplificadas. Al mismo tiempo, somos capaces, por una cualidad también enraizada en nuestro ser (lo arracional de la psiquis), de concebir lo complejo. Lo complejo es también autorreferencial. Fernández se refiere a esta paradoja de la siguiente manera: “A diferencia de términos científicos corrientes, tales como 'masa', 'genoma' 'molécula', etc., la noción de simplicidad tiene la peculiaridad de encontrarse ya sobreentendida y utilizada en las mismas operaciones cognitivas que se aplican para establecer su significado. Sin embargo, cuando se intenta explicarla formalmente se tropieza inmediatamente con una dificultad. Se trata de su carácter autorreferencial, un atributo relacionado con famosas paradojas lógicas y matemáticas, y que ha sido detectado por varios autores en distintas manifestaciones de los sistemas complejos”.

De este modo, la única manera de ser objetivos no es eludiendo la autorreferencialidad, sino construyendo una autorreferencialidad participativa, relacional, entre el sujeto y el objeto, que ofrezca y reconozca límites y fronteras.

Con estas construcciones disminuimos la ambigüedad, al precisar el sentido del sistema de referencias. Von Foerster (1998) aprecia la necesidad de construir “una epistemología de la epistemología, lo cual quiere decir que es una epistemología que debe dar cuenta de sí misma. Pero no sólo la epistemología tiene que dar cuenta de sí misma, también el constructivista, claro está, debe dar cuenta de sí mismo. Y esta es una posición de algún modo inusitada e impopular, porque habitualmente en la familia de los científicos las gentes no desean dar cuenta de sí mismas. Quisieran hacerlo de alguna otra cosa, y a este dar cuenta de alguna otra cosa usualmente se le llama objetividad. ¡Esto no tiene nada que ver conmigo! Es un hecho”. Von Foerster, al igual que Fernández, opina que la autorreferencialidad es ambigua, pero sólo si se considera en el plano no-constructivista, o sea, en el plano meramente objetivo.

Von Foerster continúa: “Siempre se había sostenido que las aseveraciones autorreferenciales conducían a paradojas.* Las paradojas no deben dejarse ver en ningún discurso científico, por culpa de una regla aristotélica que dice que las proposiciones deben ser verdaderas o falsas. Y luego, usualmente se le ha añadido un *tertium non datur*. No hay una tercera posibilidad. Por supuesto que tengo que dirigir esta cuestión a mí mismo, ya que mi 'primerísima' declaración dice que la epistemología constructivista tiene que dar cuenta de sí misma. Una cosa autorreferencial, o una constructivista, tiene que dar cuenta de sí misma. Es una aseveración autorreferencial”. Lejos de producir ambigüedad, enfatiza Von Foerster, las aseveraciones autorreferenciales generan estabilidad. Y así lo ejemplifica: “Esta frase tiene X letras. Si se llena el espacio con treinta y uno, entonces 'esta frase tiene treinta y una letras'; indudablemente tiene 31 letras. Soluciones para cosas tales son llamadas valores de *eigen*, porque ésta es la palabra alemana para 'sí mismo'. Es el valor que satisface esta aseveración autorreferencial;

* Las paradojas son inevitables, porque todos los sujetos, como entidades autopoiéticas, son paradójicos. La autopoiésis, como proceso autorreferencial, a la vez que crea a “ego”, crea también a “alter”. Al referirse a sí mismo y al hacerse idéntico a sí mismo, se hace diferente de lo otro y se distingue del entorno. La paradoja es la inclusión de la diferencia en lo diferenciado por ella; es asimétrica, y por lo tanto creativa. La paradoja no es un evento tautológico. La tautología sólo distingue sin diferenciar y es simétrica, clausurada en sí misma y sin posibilidades de elección o creatividad.

produce estabilidad, a menos que desechen la aseveración y se cree otro valor de eigen. Como la frase dice algo acerca de sí misma, no tiene biestabilidad, es decir, no es ambigua, sino estable. La frase, del infinito conjunto de números posibles, del 0 al infinito, ha tomado una forma discreta; de la totalidad de posibilidades, ha tomado una propiedad discreta. Se ha expresado de manera cuántica”.

¡Y justamente en lo cuántico, en lo discreto, descansa el sentido de lo objetivo, de lo que puede diferenciarse de manera nítida!

Podríamos, de cualquier manera, persistir tozudamente en pretender que un enunciado sea completamente objetivo. Entonces, como no debe decir nada de sí mismo, porque el decir algo sobre sí mismo es introducir la subjetividad, y con ella la ambigüedad, se debe buscar otro sistema de enunciados, axiomas o teorías (también objetivos, por supuesto) capaces de contener al enunciado de referencias, que den cuenta de él “desde afuera”. Sin embargo, aquí es donde precisamente se fragua la paradoja de la objetividad. Ello fue advertido por Kurt Gödel (1906-1978) en sus famosos teoremas. Su segundo teorema reza: “La Teoría T no puede contener la demostración de su propia coherencia (ausencia de contradicciones); la coherencia se puede demostrar en otra teoría mayor T', pero para demostrar que T' es coherente se necesita otra teoría extendida T'', lo que da lugar a una secuencia infinita de teorías”. Una manera más sofisticada de enunciar el teorema sería como sigue: “Ningún sistema formal (coherente) de axiomas puede englobar su propio metasistema (es decir, englobar un sistema más general de axiomas) que lo fundamente, pues sería incompleto (le faltarían axiomas), y ningún sistema axiomático completo es capaz de auto-establecer su no contradictoriedad (su coherencia), pues permanecería inconsistente”. En otras palabras, la auto-fundamentación de las teorías por la vía de axiomas o enunciados; léase, por la vía lógica, es pura ilusión.*

* *La búsqueda tenaz de teorías unificadoras para explicar la estructura y cohesión del universo en la actualidad crean situaciones análogas. Lindley (2005) ironiza al respecto: “La teoría de las cuerdas nos dice que las partículas son de hecho bucles ondulantes habitando dimensiones extras. Pero ahora está subsumida en la teoría-M, la cual unifica la teoría de las cuerdas al costo de introducir superficies fundamentales multidimensionales, llamadas 'branas'. Resulta ahora un poco perturbador conocer que los físicos están ahogándose en branas...La teoría-M en sí misma debe ser parte de alguna teoría todavía más básica, que se encuentra aguardando su descubrimiento...Esto es progreso”.*

Al parecer, Aristóteles se percató de esta situación; por ello postuló placidamente que las premisas silogísticas debían ser indemostrables. Estas premisas eran objetivas en sí mismas y por sí mismas. De manera similar, pero al mismo tiempo con un sentido radicalmente diferente, y esto hace tan fascinante la paradoja de la autorreferencialidad; es decir, la objetividad de lo subjetivo- lo autorreferencial no requiere de inclusión en sistemas de ideas cada vez más inclusivos; sino de su *participación* en el contexto relacional (cultural, social, científico, y en la propia historia del sujeto), en el cual el sujeto se encuentra embebido, y en las constantes emergencias que hacen a ese contexto dinámico. En otras palabras, la expresión de lo autorreferente lo es sólo en un contexto de exo-referentes.

Desde este ángulo, el ser sujeto, según Morin (1994), “Es el acto autoafirmativo propio de todo ser vivo de ponerse en el centro de su mundo, considerarlo y vivirlo como propio...pero esta autorreferencialidad está unida a la referencia a lo otro y a los otros...se constituye por un principio auto-exo-referencial”. Morín prosigue: “...el ambiente se internaliza y juega desde dentro un rol co-organizador. Por esta razón...la autoorganización es la raíz de la subjetividad...Precisamente, la intención de la filosofía crítica y de una teoría crítica de la educación ha de ser la de revestir a todo individuo con la capacidad de ser sujeto, es decir, de conformar consciente y autónomamente su vida, capacidad de la que usualmente no disfruta, o lo logra sólo en un sentido muy limitado. Es preciso reconstruir la subjetividad de modo tal que incluya esos poderes trascendentes al individuo como condiciones constitutivas de la individualización y a la vez como resultados de la interacción de los individuos. La autonomía de los individuos ha de entenderse no en oposición a, sino como forma organizacional particular de las fuerzas sociales que, por otro lado, condicionan su subjetividad”.

Los organismos son entidades autoorganizadas, y la autoorganización es la forma de existir de la subjetividad. Sin embargo, los sujetos escapan a este aparente bucle recursivo solipsista, porque los sujetos, en tanto que autopoieticos, son

también ecopoéticos. Tanto la autopoiesis como la ecoipoiesis son procesos autorreferenciales; por consiguiente, el proceso de cognición, que es el proceso vital, también lo es. El conocimiento se construye dentro del entorno de los sujetos, co-construidos éstos en un ámbito social. Como proponen Lavanderos y Malpartida (2002), el oikos de los sujetos humanos es el ecotomo, el ineludible y consustancial entorno cultural donde toda subjetividad individual se encuentra embebida. Es por ello que toda subjetividad, toda relación autorreferencial, es a la vez exo-referencial; todo sentido autorreferencial es una manifestación exo-referencial re-creada y re-construida a lo interno de cada sujeto.

Desde esta perspectiva, toda subjetividad es objetiva. Toda subjetividad es relacional respecto al entorno; se relaciona con otras subjetividades y con objetos, pero sobre todo con las relaciones emergentes de este sistema, que sí son objetivas, en el sentido que no son determinadas por los sujetos de manera individual. Estas emergencias son co-determinadas por los contextos, tanto de las culturas locales como de los paradigmas más globales que de ellas han emergido; tal es el caso de filosofías, religiones o metasistemas económicos. La propia historia del sujeto tampoco es por completo exclusiva, porque ha devenido y emergido momento por momento en un contexto relacional (ecotomal, si pedimos prestado el término a Lavanderos y Malpartida).

LAS INFLEXIONES DEL SUJETO

La crítica e inconformidad con el pensamiento mecanicista y dualista de la modernidad no es sólo hija de la contemporaneidad científica. William Blake (1757-1827) alertó: “Pueda librarnos Dios/de la visión simplista/y el sueño de Newton”.^{*} Por su lado, Engels expuso: “La segunda limitación específica del materialismo (del

^{*} *William Blake fue un personaje de intelecto extraordinario, inquieto, rebelde y original. Era capaz de decir cosas desafiantes como “sin contrarios no hay progreso”, o “Lo mismo que la oruga elige las hojas más hermosas para en ellas depositar sus huevos, el sacerdote deposita su maldición sobre las más hermosas alegrías”, e incluso poemas de simbolismos oscuros como el siguiente, que evoca, de manera irresistible a la metáfora del Quark y el Jaguar: Tigre, Tigre de esplendor abrasador, /en las selvas de la noche: ¡¿Qué mano, o qué ojo inmortal, /Pudo forjar tu pavorosa simetría?*

siglo XVIII) consistía en su incapacidad de concebir al mundo como un proceso...La concepción antihistórica de la ciencia, era, pues, inevitable”. Peirce es conocido por sus ideas relacionistas, donde el significado de cualidades y objetos tiene que ver con sus relaciones con otras cualidades y objetos y entre estos y el sujeto. Fernández (2004) expresó su admiración hacia Peirce, quien vaticinara, “cuando llegamos a los átomos la presunción en favor de una ley simple parece muy improbable”. El conocido matemático, pionero de la teoría del caos, Henri Poincaré (1854-1912), insistió en que la ciencia no enseña acerca de la verdadera naturaleza de las cosas, sino sólo muestra sus relaciones. Por otra parte, en filosofías orientales, como el taoísmo (siglo III AC), se ofrece una cosmovisión procesal del mundo, donde los fenómenos no están mediados por objetos, sino que éstos últimos constituyen flujos transitorios en un universo pensado como una gran madeja, en la cual no existe división sujeto-objeto y las cosas son vistas como ciclos recursivos (Cazachkoff, 2001).

Pero en la mentalidad occidental, han sido los descubrimientos de la ciencia contemporánea los que han desmoronado de manera definitiva, al menos para un conjunto de pensadores, la concepción racionalista del sujeto absoluto y la división cartesiana entre el yo y el mundo. Capra (1975), en su libro *The Tao of Physics*, ilustra una configuración del mundo por completo contrapuesta al panorama de la racionalidad clásica y moderna. Capra resume que percepciones tan arraigadas como la aparente densidad y compactación de los cuerpos sólidos es pura ilusión, un mero engaño de los sentidos, los cuales sólo nos informan sobre los niveles macroemergentes de la materia. El tan asimilado concepto de “partícula”, con su connotación de algo diminuto, pero sólido, se convierte así tan sólo un metáfora desvaída. En el nivel subatómico, la materia ni siquiera existe con seguridad en determinados lugares, sino más bien muestra tendencia a existir, y los eventos atómicos no ocurren con seguridad en determinados tiempos y en determinadas maneras, sino más bien muestran tendencia a ocurrir. De hecho, las partículas no son partículas, en el sentido de los átomos de Demócrito o las monadas de Leibniz,

sino constituyen a la vez partículas y ondas, u ondículas (wavicles) como consigna Casti (2001). Las “partículas” son paquetes de energía, transformables en otras partículas o paquetes de energía. Al colisionar con otras, no se fragmentan en otras partículas más pequeñas, sino pasan a ser otra manifestación distinta de la energía, con otras propiedades.

De esta manera, las “partículas” son, al mismo tiempo, destructibles e indestructibles; pero como son paquetes de energía, no pueden ser partículas de ninguna clase; por lo tanto no se destruyen, sólo se transforman. Las “partículas” representan patrones dinámicos, o procesos, que implican una cierta cantidad de energía cristalizada ante nosotros como su masa. En un proceso de colisión, la energía de las dos partículas colisionantes es redistribuida para formar un nuevo patrón. De hecho, las ondas-partículas u ondículas, no existen aisladas, sino sólo en interrelación con otras (Shipsey, 2004). El universo se presenta así a modo de una gran telaraña cósmica, como un gran campo cuántico, donde las “cosas” individuales son alteraciones transitorias, procesos fluyentes, de ese campo omnipresente. Demócrito, Descartes y Newton, entre muchos otros, hubieran quedado alelados ante estos hechos. En lo más recóndito de la materia no hay simplicidad, ni siquiera hay constituyentes simples. Lo que somos capaces de inferir es la presencia de una danza caótica de endiablada energía, donde lo más “simple” es una manifestación de la materia-energía que existe en interrelación y en un entrecruzamiento de transformaciones permanentes. No existe la causalidad eficiente; sólo procesos de causalidad recursiva. Y si se le quiere contemplar de otra manera, constituyen en realidad procesos acausales.

Capra cita al gran físico Niels Bohr (1885-1962): “Las partículas materiales aisladas son abstracciones, siendo su propiedades definibles y observables sólo a través de su interacción con otros sistemas”. El también premio Nobel, Werner Heisenberg (1901-1976), acota: “En la física moderna se ha dividido el mundo no en diferentes grupos de objetos, sino en grupos diferentes de conexiones...Lo que puede distinguirse es la clase de conexión primordialmente importante dentro de un cierto

fenómeno...Así, el mundo aparece como una complicada telaraña de sucesos, donde conexiones de especies diferentes se alternan, se trasladan o combinan, y así determinan la textura del conjunto”. Por su parte, Einstein nos delinea un mundo no cartesiano cuando sentencia: “Podemos por tanto considerar la materia como estando constituida por las regiones de espacio en las cuales el campo es extremadamente intenso...No hay lugar en esta nueva clase de Física para el campo y la materia, porque el campo es la única realidad”. Ferguson (1998) hace énfasis en el carácter de red de redes del universo: “En la nueva visión del mundo, el Universo está considerado como una telaraña dinámica de sucesos relacionados entre sí. Ninguna de las propiedades de cualquier parte de esta telaraña es fundamental; todas ellas siguen el ejemplo de las propiedades de las demás partes, y la consistencia total de sus interrelaciones mutuas determina la estructura de todo el entramado...Cuando se manifiesta el efecto Bell *, es como si hubiera un campo cuántico que mantiene un ligamiento, una telaraña”.

Capra reflexiona, “Las partículas subatómicas no tienen ningún significado como entidades aisladas, sólo pueden entenderse como interconexiones entre la preparación de un experimento y la consiguiente medida...”. En este mundo, la percepción e intervención del sujeto determina la realidad que observa. Como expone Bohr, el ser partícula y onda son propiedades mutuamente excluyentes de nuestra interacción con la luz. No son propiedades de la luz, porque sin un observador la luz no existe”. Así, Capra asevera que el observador humano constituye la ligazón final en la cadena de los procesos de observación, y las propiedades de cualquier objeto atómico sólo son dables de comprender en los términos de la interacción del objeto con el observador. “Esto significa que el ideal clásico de una descripción objetiva de la naturaleza ya no es válido por más tiempo. La partición cartesiana entre el yo y el mundo, entre el observador y lo observado, no puede hacerse cuando se trata con la materia atómica. En la física atómica, nunca

* El efecto Bell se manifiesta cuando partículas de polaridad complementaria se separan; si una cambia la polaridad la otra la cambia instantáneamente, no importa la distancia que las separe.

podemos hablar sobre la naturaleza sin, al mismo tiempo, hablar sobre nosotros mismos”.

Según se infiere, la asimilación de que las partículas sean, a la vez, ondas y partículas, u “ondículas”, no es una propiedad observable, dada en el objeto (objeto que no es un objeto, en el sentido de algo sólido), sino un resultado de nuestra actividad práctica con las partículas, de una construcción de realidad. En este sentido, expresó Heisenberg: “El universo está compuesto de música, no de materia...no existe una ciencia de la naturaleza, sino que tenemos conocimientos del hombre sobre la naturaleza. No vivimos en la realidad, sino en una serie de descripciones de la realidad”.

En palabras de Fernández (2004), los fenómenos cuánticos son “repugnantes” a nuestra intuición porque carecen de los rasgos de claridad ya expuestos. La física cuántica reviste con nuevas propiedades a los sistemas atómicos, contrarias a las sugeridas por la simplicidad natural¹⁸ y ubica así su descripción dentro de espacios abstractos especialmente creados de relaciones de complementariedad. Fernández concede que ello es posible porque somos capaces de trascender nuestra arraigada simplicidad. No obstante, alerta que el empleo de nociones extrañas a las indicadas por la simplicidad natural no nos autoriza a descartar las nociones clásicas, reemplazándolas en todos los casos con las nuevas concepciones. “Es necesario conservar las nociones clásicas; ellas pueden ser usadas como plataforma de partida y de retorno en las investigaciones que nos alejan del mundo de fenómenos comprensibles mediante la simplicidad natural. Las entidades cuánticas estarían caracterizadas por un nuevo tipo de simplicidad, que podríamos denominar **composicional**, mientras las propiedades de los objetos macroscópicos aparecen como **características emergentes**, productos de la **complejidad** de las interacciones entre entidades cuánticas”.

Las últimas ideas merecen un comentario. Es cierto que los objetos macroscópicos representan, en última instancia, emergencias de interrelaciones entre objetos microscópicos. Pero en un “objeto” macroscópico pueden concurrir

muchos niveles de componentes constitutivos, no necesariamente cuánticos. Y si adoptamos una visión procesal, sistémica y reticular de un “objeto”, entonces apreciamos que dicho “objeto” ostenta propiedades legítimamente holísticas y complejas en sí mismas como sistema- objeto. Muchas de estas propiedades, más que emergentes, tendrían, respecto a la holicidad sistémica, un carácter de componente o subsistemas, con emergencias propias.

Fernández nos dice: “Los fenómenos complejos perceptibles de manera directa por los sentidos humanos pueden ofrecer, al igual que sucede con los fenómenos cuánticos, una resistencia similar a ser comprendidos, por el hecho de manifestar nuevas formas de relacionalidad no incorporadas o asimilables en la formación de las idealizaciones clásicas. En ese caso, es posible que nuestra tarea suponga la invención de nuevas idealizaciones. En las idealizaciones clásicas, se trató de representar los cuerpos físicos como agregados de componentes últimos, carentes de estructura interna, cuyo comportamiento pudiera reducirse a meros cambios en sus relaciones espaciales. En consecuencia, los componentes últimos gozan conjuntamente de simplicidad natural y composicional. La construcción de idealizaciones de un nuevo tipo para concebir a los sistemas complejos como nuevas formas de simplicidad, pudieran diferir considerablemente de las que fueron creadas para comprender los fenómenos mecánicos. La explicación de estos fenómenos permitiría establecer reglas capaces de predecir el comportamiento del sistema sin recurrir a los detalles de su composición”.

La física relativista nos ha enseñado, entre otras cosas, que no tiene sentido preguntarnos cual es la “verdadera” longitud de las cosas o cuánto tiempo “realmente” ha transcurrido. Ninguna de ellas son magnitudes absolutas; son procesales y relativas, relacionales. El tiempo y el espacio no se encuentran aislados e independientes de las cosas, de los procesos, y de los estados internos de los sujetos. Nos percatamos que los sujetos no podemos ser jamás “absolutos”, sino que pasamos a la categoría de sujetos relativos. Con la física cuántica el sujeto pasa a ser parte integral del propio experimento; ocurre una co-determinación sujeto-

experimento. El sujeto pasa a ser un sujeto reflexivo, contextualizado. Desde esta perspectiva, Ibáñez (1991) plantea, “El sujeto en la física siempre fue absoluto; tenía un único punto de referencia para observar. Ahora el sujeto en la física ha experimentado dos inflexiones, una relativa y otra reflexiva. En la física relativista, la observación es función del punto/momento de observación. Para acceder a la verdad del objeto es precisa una conversación entre los observadores desde todos los puntos/momentos posibles de observación (inflexión relativa). El lugar de observación es múltiple. En la mecánica cuántica, el objeto es alterado por el sujeto: la observación incluye la observación de la observación (inflexión reflexiva); el sujeto observa al objeto, se observa a sí mismo y observa a la observación que realiza”.

Capra (1975) propone aún otra variante de sujeto, el sujeto *participativo*. “Las mediciones son interacciones que crean 'sensaciones' en nuestra conciencia - por ejemplo, la sensación visual de un destello de luz, o de una mancha oscura sobre una placa fotográfica - y las leyes de la física atómica nos dicen con qué probabilidad un objeto atómico dará lugar a una determinada sensación si la dejamos influir en nosotros. La idea de participación en vez de observación, ha sido formulada recientemente en la física moderna, pero es una idea bien conocida para cualquier estudiante de misticismo. El conocimiento místico no se puede obtener sólo por la observación, sino únicamente mediante la plena participación con todo el ser de uno mismo....La teoría cuántica ha abolido el concepto de objetos fundamentalmente separados, ha introducido el concepto de partícipe para reemplazar el de observador, y puede que hasta incluso crea necesario incluir la conciencia humana en su descripción del mundo”.

Pero es en las disciplinas humanísticas: sociología, psicología, medicina, periodismo, donde la inflexión de la flexibilidad irrumpe con mayores bríos. Los “objetos” de estas disciplinas son otros sujetos, que observan al sujeto que los observa, y que a su vez objetivizan, mientras se observan a sí mismos y a su propia observación. De igual modo, el sujeto indagante realiza las mismas operaciones, co-

construyéndose y co-determinándose un doble bucle recursivo en este sistema doble sujeto↔objeto, donde la función epistemológica entre sujeto y objeto se intercambia y se hace borrosa. Como consigna Navarro (1990), “El 'otro' puede considerar a 'ego' como su sistema-objeto, con el mismo derecho con que 'ego' considera al otro como su sistema-objeto. Por lo tanto, cualquier intento de objetivación por parte de 'ego' de la actividad del 'otro', se ve amenazado por la capacidad de ese 'otro' de objetivizar a su vez la actividad de 'ego', incluyendo la parte de esa actividad dedicada a la objetivación del 'otro': de hecho, el 'otro' puede frustrar, mediante su actividad en forma de acción consciente, la objetivación de esa actividad por 'ego', y así la mentira es una forma típica de interferencia reflexiva en los contextos reflexivos”.

Morin (1984) ejemplifica la reflexibilidad obligada del sujeto: “El sujeto es necesariamente un ser objetivo y objetivable, mientras el objeto de conocimiento comporta necesariamente en sí las operaciones/construcciones/ traducciones del sujeto. ... La concepción de este bucle nos hace escapar a la alternativa estéril entre el idealismo solipsista, que encierra al conocimiento en el sujeto, y el realismo ingenuo (conocimiento = reflejo), que excluye al sujeto constructor/traductor/ conceptuador. ... Es cierto que un sujeto aislado no puede acceder sino imperfectamente al conocimiento objetivo; éste tiene necesidad de comunicaciones intersubjetivas, confrontaciones y discusiones críticas. Y es el desarrollo histórico de estos procedimientos intersubjetivos de objetivación lo que ha dado nacimiento a la esfera cultural de objetividad científica”. Posteriormente, Morin (1993) resume: “Desde mi perspectiva, ya no se puede pasar de una simplificación a otra. Se está constreñido a la complejidad, es decir, al duro trabajo de elaboración de una ciencia que a partir de ahora tiene una doble o múltiple entrada.....un doble foco (el objeto y el sujeto)”.

Rozo (1999) señala que ni en el plano empírico ni en el teórico hay verdades absolutas. Todas las verdades son relativas (al sujeto que las formula) y reflexivas (son productos de la interferencia entre el sujeto y el objeto). Es necesario sustituir el presupuesto de objetividad por el presupuesto de reflexibilidad (un sistema está constituido por la interferencia recíproca entre la actividad del sistema objeto y la

actividad objetivadora del sujeto). De acuerdo con Rozo, la autorreflexibilidad y la autorreferencialidad permiten al sujeto su enunciación, pero no una enunciación hacia el vacío, sino hacia otros sistemas-objetos. En la investigación social, el sistema-objeto (individuo, sociedad) no es nada diferente al sistema-observador, aún más, el sistema-observador existe-actúa por la intermediación del “otro”, y la comprensión-descripción del sistema-objeto. Por ello, la investigación tiene necesariamente que estar tamizada por la auto-comprensión del sistema-observador como sujeto en sistemas de emociones y conversaciones inter y transubjetivas”. Así, “...cuando el sujeto es considerado trascendental... entonces lo que hay son mandamientos y leyes, o cuando el objeto es considerado extraño y ajeno al sujeto, porque entonces los resultados de la observación se convierten en instrumentos de manipulación y dominación. El que dice (dicta) manda, es el sujeto; el que oye (escucha pasiva) obedece, es el objeto. El sujeto (dominador) se nutre de la información extraída del objeto (dominado) que es comunicada al objeto por medio del poder y de sus símbolos y emblemas”.

En el tratamiento de la relación sujeto-objeto, es posible identificar tres perspectivas básicas. Intentemos ofrecer un resumen, basado en Sotolongo (2002b) y Samsónov (2004). La primera perspectiva es la *gnoseológica* o *gnoseologizante*, característica de la corriente positivista, donde se “desconecta” la subjetividad del saber resultante. En ella, el objeto es conocido desde un sujeto “lógico”, abstraído o construido como una mera parcela del propio objeto, donde se busca la reproducibilidad, la imparcialidad y la “racionalidad” que pretende vaciar el acto de conocer de todo contenido “subjetivo” (social, emocional, vivencial). El objeto se representa sin que la acción del sujeto, aparentemente, incida en esa relación (a lo cual se le denomina "objetividad"). La función del sujeto queda reducida a la fijación de las condiciones iniciales y de frontera del objeto cognitivo para su indagación o experimentación. Desde esta perspectiva, el sujeto queda desconectado de la propia relación:

OBJETO----- □ ---- (SUJETO)

La segunda perspectiva es la *fenomenológica* o *fenomenológizante*- en la cual se establecen las instancias responsables en la conciencia del sujeto por los resultados de toda acción intencional, sin, aparentemente, la incidencia del objeto (a lo cual se denomina subjetividad). En este caso, es el objeto el que queda desconectado de la relación, desplazando lo puramente objetivo (“no-subjetivo”) al área de lo rigurosamente incognoscible y confiando en la eficacia teórica de construir un mundo donde los objetos se muestran como constructos o parcelas de la subjetividad activa.

(OBJETO) ----- [] -----SUJETO

Hay un tercer tipo de enfoque reflexivo, el *crítico*. Este enfoque reconoce el papel activo del sujeto en el proceso cognoscitivo, en su análisis de las condiciones de posibilidad de tal proceso, en la importancia radical de las prácticas sociales para la constitución de los objetos de los saberes humanos. Un enfoque crítico es la llamada perspectiva *hermenéutica* o *contextual contextualizante*- de la interpretación de sentidos desde "la otredad", en la cual se penetra desde el interior en la relación sujeto-objeto. Así, el sujeto se considera inmerso, como parte integrante, en una totalidad cuya otra, u otras, partes puede conocer, valorar y/o transformar prácticamente como "objeto" de cognición, de valoración y/o de transformación práctica, respectivamente, sin dejar de pertenecer a ella (a lo cual se denomina "circularidad hermenéutica objetividad-subjetividad"). En conclusión, equivale a no desconectar ni al sujeto ni al objeto de la relación epistemológica:

OBJETO ↔ SUJETO

Desde esta perspectiva, ambos, el sujeto y el objeto pueden manifestarse en una dinámica recursiva, de acuerdo con el contexto. Es conformado un verdadero sistema sujeto-objeto contextualmente embebido. La “otredad”, la realidad contextual, se incorpora como praxis: científica, social, cultural,

histórica. Es a través de esta praxis que el sistema sujeto-objeto interacciona en la perspectiva hermenéutica. La perspectiva gnoseológica, con su "desconexión" del sujeto -no real, sino pretendida- persigue el ideal epistemológico de acceder de modo "pleno" a las objetividades de la realidad (como, por ejemplo, los aspectos orgánicos, anatómicos y fisiológicos de las patologías) y configura un enfoque epistemológicamente objetivante. La perspectiva fenomenológica, con su "desconexión" del objeto -tampoco real, sino también pretendida- persigue el ideal epistemológico de acceder, también de modo "pleno", a las subjetividades intencionales (como, por ejemplo, los síntomas psicológicos de las patologías) y así configura un enfoque epistemológicamente subjetivante.

Por su parte, la perspectiva hermenéutica, con su no-desconexión de los polos de la relación diádica, pretende el ideal de acceder de modo contextualizado, desde los contextos de praxis interpersonal socio-histórica, con lo cual transforma la relación en triádica. Según hemos podido inferir del capítulo precedente, las relaciones triádicas son consustancialmente complejas. Ello significa que la perspectiva hermenéutica le otorga una dimensión compleja a las relaciones sujeto-objeto. Este ideal hermenéutico, ni objetivante ni subjetivante, sino contextualizante, presenta sus límites en el propio contexto del indagador, quien, a su vez, debe contextualizarse de manera consciente. Es decir, debe tener conciencia desde cuál perspectiva y hacia qué horizonte se encamina su proceder práctico, discursivo y reflexivo. Todo ello constituye, metafóricamente hablando, una doble hermenéutica u "omnijetividad". Para la perspectiva hermenéutica, la objetivación del sujeto ocupa también el otro polo de la relación. El sujeto se objetiviza (contextualiza), arribándose así a una relación entre dos objetividades de ahí la llamada omnijetividad-, cuando de lo que se había partido era de una relación entre una objetividad y una subjetividad.

La perspectiva hermenéutica o contextualizante es también una perspectiva *ecologizante*. En el capítulo anterior insistimos, desde el punto de vista ontológico, que la identidad de los sistemas complejos es ecológica, desde el momento que la

unidad no es el sistema en sí mismo, sino el sistema-entorno. Pero lo ecológico, o lo ecotómico, en el caso de los seres humanos, atañe también a la epistemología. La interacción sujeto-objeto se encuentra mediada, catalizada, por la cultura, por el oikos humano. Y así lo pronuncia Morin (1993): “La dimensión ecológica debe estar presente en toda observación y en todo pensamiento, todo debe ser ecológizado, todo objeto de observación o de estudio debe en lo sucesivo ser concebido en función de su organización, de su entorno, de su observador”.*

EL SUJETO PARLANTE

Para Maturana y Verden-Zoller (1993), la existencia humana ocurre en el espacio relacional de la conversación. Nuestra condición humana toma lugar en nuestra forma de relacionarnos con cada uno de los otros y el mundo que procreamos en nuestra vida diaria a través de la conversación**. Una cultura, sostiene Maturana, es una red plena de conversaciones, y el cambio cultural en una comunidad ocurre cuando cambia la red de conversaciones que la define como tal. Una cultura como red de conversaciones (coordinación del lenguaje y la emoción) se sostiene en la medida en que los miembros de esa cultura se vuelven miembros de ella y la comprenden viviéndola, *habiténdola* subjetiva e inter-subjetivamente. El lenguaje nos ofrece una metaconfiguración del mundo idiosincrásica, y nos embebe en un sentido de pertenencia. Somos parte de él, y él es parte nuestra; nos hace suyo a la vez que lo hacemos nuestro. Esta imagen es congruente con la definición de

* Thompson (1989) comenta: “según la definición tecnológica de la cultura humana, la herramienta separa básicamente la cultura de la naturaleza. Según la definición social de la cultura humana, el acto de compartir alimentos supone una relación entre la naturaleza y la nutrición. Esta visión de la relación se acentúa simbólicamente en el sacramento cristiano... Cuando Jesús toma el pan y el vino y dice: 'Tomad esto en conmemoración mía, porque es mi cuerpo y mi sangre', no es el psicópata masoquista que imaginaba Freud, sino un poeta con una visión ecológica de la vida que utiliza el mito y el símbolo para expresar que toda vida es comida para otro”.

** Maturana (1995) enunció: “He llamado conversación a este entrelazamiento de nuestra capacidad de emocionarnos y de nuestro lenguaje en nuestra vida en el lenguaje como seres humanos; y afirmo que todo lo que hacemos como seres humanos, lo hacemos en conversaciones, o mejor todavía, que toda la vida humana toma la forma de un flujo en las conversaciones, y que las diferentes clases de haceres humanos o actividades, son diferentes redes de conversaciones”.

cultura de Lavanderos y Malpartida (2002). Desde este punto de vista, la cultura tiene su base en la relación lenguaje-emoción, relación conformadora de una metaconfiguración del mundo, autoorganizada a partir de la conservación de pautas de agenciamiento (*lo que uno hace suyo*) y pertenencia (*uno se hace parte de*).

El lenguaje es tal vez el pilar más genuino de la cultura de cualquier grupo humano. La identidad de los miembros de una cultura emerge continuamente y de modo diferente de acuerdo a cómo viven esa cultura que ellos mismos integran. Tal identidad puede cambiar en el mismo sentido en que las personas cambien la red de conversaciones en la que participan. Su identidad (emocional y conductual) no preexiste como rasgo de la cultura, sino emerge momento a momento en la medida en que, con su propia conducta, generan la cultura a la cual pertenecen, a la vez que la conducta es moldeada por las pautas culturales en las que el sujeto se encuentra embebido.

Morin (1993) analogiza el lenguaje con una máquina (en el sentido de engranaje de lo vivo, no mecánico) auto-socio-organizadora que se hace dentro de la máquina socio-cultural que, a su vez, es auto-eco-organizadora. “Tenemos que pensar circularmente que la sociedad hace el lenguaje que hace a la sociedad, que el hombre hace el lenguaje que hace al hombre, que el hombre habla el lenguaje que le habla. Esta concepción es la que permite comprender la interdependencia y la reflexión rotativa entre el 'yo ... el 'ello' y el ser sociocultural”. Morin prosigue: “Considerado desde un aspecto, todo enunciado es subjetivo, desde otro es maquinal, y desde otro, es anónimo y colectivo”. Por su parte, Roza (1999) discurre, “el sujeto conversa del mundo desde el mundo y en el mundo. Debido a ello, el sujeto para referirse al mundo no puede excluirse de él, lo que introduce el concepto de flexibilidad en toda apreciación que el sujeto realice en su conversación”. Como fenómeno complejo, el sistema sujeto-lenguaje muestra una relación recursiva, y así lo subraya Morin: “El sujeto humano existe en el lenguaje, el lenguaje existe en y por los sujetos; los sujetos encarnan la cultura, la cultura contiene el lenguaje que contiene a la cultura que contiene a los sujetos”. El sujeto

es un mundo creado y crea mundos posibles en relaciones de entorno. El ser humano se realiza en la inter, la trans y la metasubjetividad, y desde que nace vive en la herencia de la cultura.

El lenguaje es un excelente ejemplo de sistema complejo. A la vez que sistema autoorganizado y autoorganizador, es emergencia, constreñidor y constreñido, recursión, metasistema creativo y modulador. Como lo expone Atlan (1989), “El lenguaje es un nivel de organización, articulado entre el cuerpo y la mente, pero autoorganizado e independiente en sí mismo. Y es dentro del lenguaje donde se describen todos los demás niveles. Al mismo tiempo, el lenguaje autoorganiza diversos niveles: el semántico de las palabras, el sintáctico de las frases, el semántico de las frases etc. Las fronteras del conocimiento se encuentran en la articulación de los diferentes niveles de organización de la realidad. La autonomía de los sistemas complejos se encuentra justamente en la forma en que se articulan sus distintos niveles de organización. El lenguaje, en tanto que emergencia de la organización y estructura del cuerpo y la mente, es capaz de enriquecer o empobrecer a ambos”.¹⁹

El sentido de toda reflexión, de todo proceso reflexivo, emerge y trasciende a través del lenguaje. El mundo del ser humano es el mundo del lenguaje. Uno casi no puede evitar la tentación, con péfido aroma esencialista, de afirmar que la “esencia” o “naturaleza” básica del ser humano es la del ser un sujeto parlante, lenguajeante. Así lo reconoce Tattersall (2001) cuando asegura, “el lenguaje es, verdaderamente, la función mental simbólica esencial, y es virtualmente imposible concebir el pensamiento, tal y como lo conocemos, en su ausencia”. El sentido del ser humano es expresado e instanciado a través de, y por, el lenguaje. Pero, ¿qué es el sentido? Nafarrate (1998), junto con Luhmann (1991), exponen que el sentido es como una categoría prelingüística fundadora, a su vez, del lenguaje. La pregunta de qué es el sentido es inabordable, pues la respuesta tiene que hacer uso del sentido para contestarla.

El sentido se impone en calidad de horizonte. Precede a todo lo que se pueda preguntar o saber sobre él. Por su parte, Luhmann asegura “Los sistemas

adheridos al sentido no pueden experimentar ni actuar sin sentido; no pueden dinamitar la remisión del sentido al sentido en la cual ellos mismos están implicados ineludiblemente. Dentro de la organización autorreferencial plena de sentido del mundo se dispone de la posibilidad de la negación; pero esta posibilidad, por su parte, sólo puede ser utilizada con sentido. Cualquier intento de negación de sentido presupondría de una manera general, sentido, y tendría lugar en el mundo. El sentido es, pues, una categoría innegable y sin diferencia. Su superación consistiría en el más estricto de los significados en la aniquilación²⁰ y eso sería asunto de una instancia externa impensable”.

Según considera Nafarrate, el sentido significa sencillamente el trasfondo de cualquier percepción o experiencia particular. Así, lo particular adquiere sentido, porque está precedido de la totalidad, si bien bajo la forma de horizonte. Toda experiencia hace relación a un sentido más general y total y remite necesariamente a la simultaneidad con otros objetos en el mundo. El horizonte metafórico está indeterminado o imperfectamente determinado, pero nunca es completamente vacío. La gran tradición de pensamiento de Occidente ha intentado horadar en el sentido del sentido, al que hacen depender de procesos de interpretación que aspiran a una integración comprensible a partir de un contexto previo; pero el sentido no tiene otro fundamento ulterior que el mismo sentido -es por lo tanto autorreferencial- y no es abordable en calidad de todo.

Y así, Luhman argumenta “Al igual que en el caso del problema de la complejidad, surge nuevamente el problema de la autorreferencia, en la forma del sentido. Cada intención de sentido es autorreferencial en la medida en que prevé su propia posibilidad de reactualización, por lo tanto, se retoma en su estructura de remisión como una entre muchas posibilidades de vivencias y acciones adicionales. El sentido en general sólo puede ganar realidad actual en la remisión a un sentido diferente; así, no hay autosuficiencia puntual ni un *per se notum*”.²¹ Luhman continúa, “Los sistemas psíquicos y sociales surgieron en el camino de la coevolución. Un tipo de sistema es entorno imprescindible del otro. Las razones de esa necesidad radican en la evolución misma que posibilita ese tipo de sistemas. Las

personas no pueden permanecer ni existir sin los sistemas sociales, y viceversa. La coevolución condujo hacia ese logro común que es utilizado por los sistemas tanto psíquicos como sociales. Ninguno de ellos puede prescindir de ese logro común, y para ambos es obligatorio como forma indispensable e ineludible de complejidad y auto-referencia. A este logro evolutivo le llamamos sentido”.

Desde este ángulo, Nafarrate establece que la única delimitación de tipo general posible de hacer respecto al sentido, es la representación del sentido como la solución emergente de carácter evolutivo con respecto a la socialización. Por consiguiente, el sentido es la categoría fundante de todo el proceso de socialización. “Entendido así, el sentido es el mundo operativo del hombre, aunque en ese mundo hay realidades emergentes, sinergias que escapan a la planeación consciente de la actividad constructora del ser humano.... El mundo del sentido es una operación de redacción de complejidad que el hombre ha obtenido en conjunción con fuerzas que lo sobrepasan. Esta es una operación de alto grado de complejidad,...en la que el resultado es una mezcla de destino y de voluntad, de errores personales y de aciertos evolutivos. En la constitución intrínseca del sentido está contenido un principio de negación. El mundo del sentido no es sólo acertante, sino también negante. Esta misma peculiaridad binaria es exclusiva del sentido, ya que en el mundo externo no existe nada negativo. El hecho mismo de que el sentido puede siempre remitir a otras posibilidades, es decir, que manifiesta una constitución basal de contingencia, está hablando de que el sentido es por antonomasia complejo, y él mismo impulsa a la selección”.

De cualquier manera, y como Sales (2004) lo hace notar, el *sentido*, el *significado* es netamente una construcción cultural, histórica. Del mismo modo, los individuos son construcciones culturales permanentes. Nafarrate (1998) coincide con Luhmann (1991) cuando afirma que la praxis subjetiva individual se hace desde la “otredad”, embebido en la sociedad, la cual es objetiva respecto a los sujetos. Nafarrate plantea que lo social no surge del hombre. Consiste en una solución emergente de tipo evolutivo que precede a los sujetos, y que está encaminada a

proveer estructuras de sentido impuestas a la tendencia radical de la desintegración. Ello significa que, como estructura disipativa sistémica, la sociedad también tiene que luchar contra su dilución. El sistema social es parcialmente mundo del hombre y totalmente mundo de lo social. Lo social no está construido a imagen y semejanza del hombre, sino es el resultado de una coacción práctico-evolutiva; su tendencia es a la reproducción de una dinámica autorreferida, pero donde tanto lo social (como emergencia), como el ser humano, son entidades autónomas. Cada uno actúa con principios de operación diversos (comunicación-conciencia) y no pueden ser reducidos a un denominador común. Entre ser humano y sociedad existe un acoplamiento estructural respectivo, lo que significa que la evolución ha encontrado en la comunicación de la sociedad el medio de la socialización del hombre.

De acuerdo con las propuestas de Luhman y Nafarrate, los humanos, las personas concretas, participan en los sistemas, pero no forman parte constitutiva de ellos, ni de la sociedad misma. La sociedad no está compuesta de seres humanos, sino sólo de comunicación. La sociedad manifiesta una consistencia propia (si bien dinámica y evolutiva), una regulación autorreferente, -pero exo-referente respecto a los sujetos que la conforman y, por lo tanto, es objetiva respecto a los sujetos- y así le facilita a cada individuo la posibilidad de experimentar la sociedad en grados de profundidad (o de decepción) y en direcciones diversas. Pero estos grados de profundidad subjetiva no pertenecen propiamente al ámbito de lo social: son el entorno de lo social. La manera tradicional de tratamiento de la comunicación supone sujetos: el hombre es quien comunica. Es cierto que la comunicación presupone el concurso de un gran número de personas, pero, precisamente debido a eso, la unidad de operación de la comunicación no puede ser imputada a ninguna persona en particular.

Nafarrate predica que la comunicación es genuinamente social, al tener como supuesto la existencia de un sistema social de comunicación, que debe actualizar cada individuo. Es decir, la comunicación se sitúa por encima de estados psíquicos divergentes. Querer explicar la comunicación como acuerdos entre los

individuos supondría el presupuesto (altamente discutible) de una total simetría de los estados subjetivos. Es por ello que la sociedad no es autorreferencial respecto a los individuos y viceversa; sino exo-referente. La sociedad es el concepto social más amplio, incluye todo lo social y, por consiguiente, no conoce ningún entorno social. Como consecuencia de esta autorreferencialidad, cada sociedad no necesita otro sistema social más inclusivo para contenerla ni para explicarla, lo cual es equivalente a discernir que la paradoja de Gödel no es ni aplicable ni necesaria. Cada sociedad se contiene y explica-a-sí-misma embebida en un ambiente exo-referencial respecto a otras sociedades.

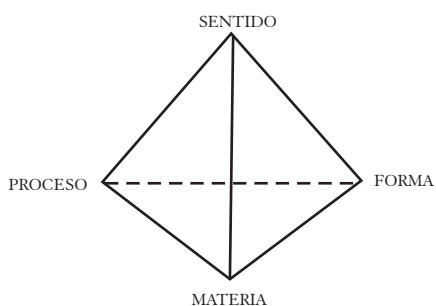
La sociedad es objetiva y tiene sentido en sí misma; es una autopoiesis local, pero ello no significa que no intercambie con el “ambiente” de otras sociedades. Este es uno de los graves problemas de la sociedad planetaria globalizada-totalitaria; se queda sin un ambiente, sin una “otredad”, para propiciar un intercambio renovador e imprescindible. Para Luhman, los sujetos *individuales* no forman parte de la sociedad (considerada como conjuntos de comunicaciones), sino que constituyen su entorno. D'Angelo (2004) coincide en parte con esta perspectiva, pues considera que si no se toma en cuenta la realidad concreta del proceso social, más allá de los actos comunicativos, sólo constituye una aproximación limitada. Debido a esta alternancia, el sentido se revela autorreferencial, autopoietico. La comunicación posibilita una actualización común de sentido.

Como la comunicación precede a los sujetos, sugiere Nafarrate, entonces les otorga a los individuos un punto de partida reducido con respecto a las infinitas posibilidades subjetivas de los actores. La comunicación (como selección de sentido) no puede consistir en una especie de participación en lo mismo, garantizadora de la identidad de los significados. El sentido del sentido no estriba en que pueda compartirse intersubjetivamente, en que pueda ser idéntico para una comunidad de hablantes y de agentes. Las soluciones de tipo evolutivo que provee el sentido no guardan relación directa ni con la subjetividad, ni con la idealidad normativa del lenguaje. Hasta cierto punto, las respuestas más consistentes de la evolución social

son soluciones improbables, inusitadas, desconcertantes y, en esa medida, no pueden ser catalogadas ni en términos de irracionales ni de racionales.

Sobre esta base, podemos inferir que se nos presenta un mundo de sentido autorreferente, pero enfrentado a contingencias, emergencias y a la selección, todo lo cual le deja espacio a la libertad de la creatividad y de las nuevas interpretaciones. En la opinión de Rozo (1999), el hecho que seres humanos y sociedad sean autopoieticos de manera independiente introduce una paradoja. Los seres humanos son cerrados respecto a la sociedad y viceversa. El ser humano no puede comunicarse con la sociedad y la sociedad, como relación de relaciones de comunicación, es capaz de funcionar clausurada en sí misma, ignorando a los seres humanos particulares. Así, la conciencia es el modo de reproducción autopoietico de las personas y la comunicación lo es respecto a la sociedad. Como es lógico, esta paradoja es asimétrica, de manera que ofrece una salida a las diferencias y a la creatividad.²²

Capra (2002) incluye al sentido como una de las perspectivas básicas de la vida. Para él, el sentido es el mundo interior de la conciencia reflexiva. Todas estas perspectivas, proceso, sentido, materia y forma, están interconectadas y son interdependientes. El sentido abre una nueva dimensión interna. La cultura es creada y sostenida por un retículo (forma) de comunicación (proceso), dentro de la cual el sentido es generado. La corporeización material de la cultura (materia) son artefactos y textos a través de los cuales el sentido es transmitido de generación en generación. El lenguaje involucra básicamente la transmisión de sentido y las acciones humanas fluyen desde el sentido que le atribuimos a nuestros entornos sociales. Capra enfatiza que para una comprensión plena de los fenómenos sociales es necesario involucrar la integración de estas cuatro perspectivas.



CAUSALIDAD

La causalidad, asegura Von Foerster (1998), tiene algo que ver con nuestra cultura occidental y su preocupación por una forma particular de estrategia explicativa. En sus palabras, “Este recurso de invocar una estructura causal en las explicaciones, sigue haciéndose una y otra y otra y otra vez, a pesar de la advertencia de Wittgenstein, respecto a que la creencia en la causalidad es superstición”. Von Foerster se regodea en el asunto y comenta: “Me gustaría señalar sobre qué descansa esta noción de causalidad. Si ustedes se remontan hasta Aristóteles, verán que es basada esencialmente en la imitación de un silogismo que los griegos llamaron Barbara, el cual tiene la forma siguiente: Todos los hombres son mortales/ Sócrates es hombre /Sócrates es mortal. Ahora bien, esta es exactamente la forma en que se argumenta la causalidad. La primera premisa, “Todos los hombres son mortales”, ha tomado la posición de ley natural en el terreno de la física o de las ciencias naturales. Después viene una observación, un caso, el caso de Sócrates. Resulta que él es un hombre. Puesto que hay una ley natural que dice que todos los hombres son mortales, entonces Sócrates es mortal. Esta es la estructura de la causalidad, que está modelada siguiendo precisamente el silogismo Barbara”.

Lo anterior se acepta usualmente sin cuestionamiento, apunta Von Foerster; “pero la conclusión de causa-efecto se verifica sólo muy parcialmente, puesto que todos estamos aquí sentados y estamos vivos. Y no cabe duda que seamos hombres. Así, de los ochenta mil millones de personas que alguna vez estuvieron vivas, cinco mil millones siguen estándolo. Entonces, la hipótesis de que todos los hombres son mortales sólo se verifica en un 93.7%, y probablemente la rechazaría la mayoría de los periódicos si ustedes intentaran publicarla. De ahí que si la sentencia de que todos los hombres son mortales fuera verdadera, el silogismo no podría ser dicho, porque sólo puede decirse eso cuando todos están muertos”. Esta es, indiscutiblemente, una

singular manera de revelar las irregularidades en las explicaciones de causa-efecto lineal.*

Nietzsche (1886 en 2003a) vislumbra las raíces de la causalidad en lo más profundo de la psicología humana, denuncia su filiación con lo mecanicista y le endilga categoría de mito. “No debemos cosificar equivocadamente 'causa' y 'efecto'... en conformidad con el dominante cretinismo mecanicista, el cual deja que la causa presione y empuje hasta que 'produce el efecto'; debemos servirnos precisamente de la 'causa', del 'efecto' nada más como *conceptos* puros, es decir, ficciones convencionales, con fines de designación, de entendimiento, pero *no* de explicación. En lo 'en-sí' no hay 'lazos causales', ni 'necesidad'... allí *no* sigue 'el efecto a la causa', allí no gobierna 'ley' ninguna. *Nosotros* somos los únicos que hemos inventado las causas, la sucesión, la reciprocidad, la relatividad, la coacción, el número, la ley, la libertad, el motivo, la finalidad; y siempre que a este mundo de signos lo introducimos ficticiamente y lo entremezclamos, como si fuera un 'en sí', en las cosas, continuamos actuando de igual manera que hemos actuado siempre, a saber, de manera *mitológica*... Constituye casi siempre ya un síntoma... que, en toda 'conexión causal' y en toda 'necesidad psicológica', tenga el sentimiento de algo de coacción, de necesidad, de sucesión obligada, de presión, de falta de libertad”.

Nietzsche (1889 en 2003b) prosigue con el tema: “Reducir algo que nos es desconocido a algo que conocemos alivia, tranquiliza y produce satisfacción, suministrando además una sensación de poder. Lo desconocido implica peligro, inquietud, preocupación.... Como en el fondo sólo se trata de querer librarse de representaciones opresivas, no se es nada riguroso a la hora de recurrir a los medios para conseguirlo... De este modo, el instinto de causalidad está condicionado y es excitado por el sentimiento de miedo. La pregunta relativa a la causa no debe dar como respuesta, en la medida de lo posible, una causa cualquiera, sino un

* Al parecer, Von Foerster se refiere a que, en ese silogismo, la premisa de mortal no hace alusión al tiempo, por lo tanto, es posible entender que la condición de mortal ya está realizada cuando cualquier ser humano lea el silogismo; pero, de ser así, tampoco pudiera leerlo, porque ya estaría muerto. Por consiguiente, el silogismo carece de sentido y no establece, en realidad, ningún nexo causal en el contexto particular del propio silogismo.

determinado tipo de causa: una causa que tranquilice, que libere y que alivie... Queda excluido como causa lo nuevo, lo no vivido, lo extraño...lo que buscamos como causa no es sólo un tipo de explicación, sino un tipo *escogido y privilegiado* de explicación ... las explicaciones más *habituales*. La consecuencia es que cada vez va adquiriendo una mayor preponderancia una forma de determinación de causas,...que finaliza destacando como *dominante*, es decir, que acaba excluyendo sin más *otras* causas y otras explicaciones”.

La meditación anterior ofrece aristas muy interesantes. La causalidad se relaciona con la compulsión de vencer la angustia del miedo, de la ignorancia por lo desconocido. *Wagensberg* y *Novo* asocian la construcción del conocimiento a las mismas ansias humanas; pero donde el conocimiento enaltece y libera, la causalidad lineal reduce y enchaleca. El conocer alivia de angustias, sin temer al mismo tiempo descubrir nuevas incertidumbres y asomarse a nuevos vacíos. Pero la causalidad clásica y moderna construye una matriz, para que los sujetos y sus aprensiones permanezcan cómoda y seguramente instalados, alienados de la incertidumbre y la complejidad del mundo. Pero también condenados a no poder atisbar más allá, a lo adyacente posible.

Por su parte, *Tait* (2000) refrenda el arraigo de la causalidad en la cultura occidental, al consignar que es uno de los principios explicativos más generales.²³ El criterio más generalizado en nuestra cultura acerca de la causalidad, según *Tait*, es el principio enlazador de los fenómenos que pertenecen al tiempo y al espacio, el cual interrelaciona el efecto con la causa eficiente aristotélica. De nuevo, observamos como en la mente de la generalidad de los pensadores contemporáneos, la causalidad sólo es contemplada como una acción eficiente, externa, pero además, física, sobre las cosas. Ello sólo nos deja con la posibilidad de una causalidad lineal. En adición, también cercena la posibilidad de presupone que deben existir fenómenos y efectos acausales, porque la causalidad sólo opera en el tiempo y en el espacio. Y como nuestro mundo es tan complejo, es posible comprobar que un buen grupo de fenómenos ocurren en contextos donde no concurren, necesariamente, dimensiones temporales o espaciales.²⁴

Biedma (2000) resume que el ideal de la continuidad servía al físico clásico para formular el principio de causalidad tal y como era aplicable a situaciones de hecho y a procesos de generalización en el ámbito de las ciencias naturales. En la física clásica, la suposición de lo que sucede en cualquier sitio en un momento dado depende única e inequívocamente de lo que ha sucedido en la vecindad inmediata "hace justamente un momento". Newton lo conjeturaba de este modo: "Cuando experimentamos que algo ocurre, presuponemos en todo caso que algo ha precedido a aquella ocurrencia; algo de lo que ella se sigue según una regla". Ello fue el resultado de una restricción de una causalidad pluralística aristotélica a una exclusiva causalidad eficiente, y de ésta a una causalidad por contacto físico. Hume eliminó, muy justificadamente, cualquier noción de necesidad lógica o de conexión necesaria, en relación a la causalidad de los fenómenos empíricos. La vinculación de un fenómeno con otro es siempre contingente. Ello equivale a presumir la posibilidad de que las cosas podrían ocurrir de distinto modo a cómo han venido aconteciendo. La relación entre la causa y el efecto es mera contigüidad espacio-temporal, una conjunción constante que supone la anterioridad de la causa sobre el efecto y una cierta conformación probabilística o estadística, entre lo que sucedió, sucede y sucederá.

Hume aseguraba que la sensación de causalidad está basada en un hábito mental, y no en la necesidad lógica. Como reconoce Biedma, en la física continuó la presunción de una relación causal objetiva, sin tener ésta nada que ver con factores psicológicos de los observadores. Todo sucedía por necesidad, aunque nuestro conocimiento de esa necesidad fuera relativo. Un motivo poderoso para un cambio de perspectivas, fue el descubrimiento por Max Planck que un átomo radiante no despidió su energía de manera continua, sino discontinuamente, a saltos. La teoría cuántica obligaba a formular toda ley como una ley estadística; así el determinismo lineal se convirtió según la expresión de Biedman- en una "antigualla supersticiosa". Incluso el postulado de la anterioridad de la causa sobre el efecto parece inapropiado en la consideración de los acontecimientos subatómicos. Algunas de las partículas

no aparecen materializadas por más de una cienmillonésima de segundo. No resulta posible endosar, para intervalos de tiempo tan pequeños, la definición adecuada de los conceptos de anterioridad y posterioridad. Aún más, en dominios espacio-temporales tan efímeros, ciertos procesos aparentan que el orden temporal que corresponde a su orden de relación causal queda invertido*.

La causalidad, concebida como algo precedente o antecedente a una cosa o proceso, siempre nos plantea un dilema, del cual se percataron ilustres pensadores en el transcurso de la historia. Por ejemplo, El filósofo Wittgenstein sentenció la imposibilidad de hacer cualquier inferencia, a partir únicamente de la existencia de una configuración determinada, sobre la existencia de otra configuración completamente distinta. Por su parte, Biedma comenta acerca de la imposibilidad de atribuir una certeza lógica a una teoría sobre lo que acontece, pues ningún juicio *a posteriori* resulta de carácter apodíctico o necesario. Por su parte, las verdades *a priori* son susceptibles de conducirnos a razonamientos tautológicos. Si ya sabemos lo que va a pasar, el nexo causal lo estamos preestableciendo, no dejamos nada a la creatividad y a la emergencia de los fenómenos de la naturaleza, o de las conductas humanas, que también tienen que ver con la naturaleza. De esta manera, congelamos al mundo, paralizamos al conocimiento y perdemos toda motivación.

Biedma subraya, “Nada sé sobre el tiempo cuando sé que es verdad que llueve o no llueve. Por su parte, la proposición llueve es contingente, puede ser verdadera o falsa, más o menos verdadera y más o menos falsa, incluso vagamente verdadera (lógica borrosa), pues es posible expresar que está lloviendo más o

* *Este fenómeno es bien conocido en el sueño. En ocasiones, un cambio de posición en el durmiente, digamos de la posición decúbito supino a una de costado, puede desencadenar toda una historia en el plano onírico, donde se vive una situación de peligro cuyo desenlace puede ser una caída, momento en que la persona despierta. Este notable fenómeno invierte por completo la secuencia “normal” de eventos. Literalmente, desde un estímulo dado, el cerebro desarrolla toda una trama, que en el plano subjetivo puede representar horas o largos minutos, pero que en realidad a lo mejor no llegado siquiera a un segundo, para terminar, de manera metafórica, justo en el inicio del estímulo. O sea, desde un “final”, se ha ido a un principio, ha transcurrido todo un desarrollo intermedio y de nuevo se ha llegado al final, que es en realidad el principio. El tiempo, literalmente, se ha desplegado desde atrás hacia delante, se ha invertido la secuencia causal, por no mencionar que, en adición, la percepción subjetiva del tiempo se ha expandido considerablemente.*

menos”. La propia definición de lluvia es borrosa, es una apreciación cualitativa. Para que llueva es necesario que las nubes desborden agua (causa eficiente), pero no toda caída de agua de las nubes es catalogada de lluvia. Existe toda una gradación; pero precisamente por eso, por su carácter borroso e indeterminado, es que el llover puede significar un acontecimiento real (ontológicamente verdadero). Por ello, resalta Biedma: “Sólo podemos evitar el riesgo de equivocarnos cuando nos referimos a lo que no acaece, a lo que se sustrae por ello al tiempo y al espacio o, dicho más positivamente, a lo que por ser siempre, más allá del tiempo y del espacio, se sustrae al riesgo de la existencia contingente”.

De acuerdo con Delgado (2002), el determinismo de la ciencia clásica presupone la existencia de nexos objetivos entre los fenómenos del mundo, de correlaciones regidas por leyes, donde resulta central el reconocimiento de la causalidad. Esta es concebida como una relación mediante la cual un fenómeno (causa), a partir de la existencia de condiciones específicas, produce necesariamente otro fenómeno (efecto). Entonces lo casual sería el resultado del desconocimiento o del entrecruzamiento de líneas causales independientes. Lo casual tiene causa, y puede explicarse por necesidad. Como efecto práctico de esta visión filosófica, la ciencia se ocupa casi exclusivamente de los procesos regulares, y del establecimiento de las correlaciones causales que los explican. Delgado resume que el determinismo y la causalidad son constructos epistemológicos que el atomismo de Demócrito legó a la ciencia. El reconocimiento por Demócrito de lo espontáneo (*automaton*) en el surgimiento del mundo no es equivalente a reconocer la casualidad. El movimiento en el mundo ocurre espontáneamente, es decir “por la naturaleza de la necesidad”, por sí mismo, sin interferencia de una supervisión racional o fuerza externa.

Otro principio, aducido causal, es el de la atracción por lo semejante. Si usted se encuentra en el mercado con alguien que deseaba ver, pero que no esperaba ver, el suceso no podría ser valorado como casual según Demócrito. La causa del encuentro radica en que usted fue al mercado impulsado por la necesidad de buscar determinados productos. De igual modo, la tortuga no cayó en la cabeza del caminante por casualidad. El águila necesitaba lanzar su presa sobre una roca para

destruir el carapacho y poder alimentarse de ella, y en la distancia confundió la cabeza calva del caminante con una piedra. ¿Pero acaso no fue casual que el infortunado viajante no llevara cubierta su testa ese día? Quizás no, diría Demócrito, porque ese día el cielo se encontraba nublado, o nuestro viajero no resistía llevar cubierto su cráneo. Y así, establecería una cadena de necesidades causales *ad infinitum*. Demócrito no puede aceptar la existencia de la casualidad porque ello significaría negar la existencia misma de las relaciones causales y los vínculos de necesidad asociado a ellas. Siempre es necesario descubrir la correlación de causas que provocan determinado efecto, y no ocultar nuestra escasez de luces tras la infructuosa casualidad.*

Como recordaremos, Aristóteles concebía la causalidad como un proceso múltiple y jerárquico, desarrollado a través de cuatro fuentes interdependientes, comunes para todos los fenómenos: materia (material), acción (eficiente), plan (formal) y propósito (final). Una gran limitación de su esquema era que nada se movía a sí mismo. Como, en definitiva, todo termina por moverse, se invocaba a una causalidad eficiente, externa al sistema u objeto. Durante el Renacimiento y la Modernidad, la causalidad se ve mutilada a esta última, y a un enfoque también lineal; todos los fenómenos tienen causas (eficientes) y las explicaciones en ciencias deben ser causales. La causalidad eficiente son los agentes que ejercen las fuerzas. La multicausalidad de Aristóteles es metafísica, porque representa principios preexistentes universales modeladores de fenómenos y organismos particulares. La causalidad clásica responde al principio “nada es causa de sí mismo”; no hay cabida ni para la autoorganización, ni para la emergencia. La otra característica de esta multicausalidad era su esencia teleológica. Todas las cosas ocurrían en función de su

* Se dice que en una ocasión Demócrito ingirió un alimento que encontró demasiado dulzón. De inmediato, puso a trabajar su razonamiento especulativo y comenzó a construir todo un escenario de posibles relaciones causales para explicar tal anomalía. En medio de su filosófico ensimismamiento, irrumpe su esclava y le suplica, contrita, perdón por el descuido de no haber lavado bien el recipiente donde antes hubo miel. La irritación invadió al filósofo, pero se afirma que no por la desidia de la infeliz, sino por la abrupta ruptura de su ensoñación causal, que hubiera explicado la necesidad no casual del atípico dulzor de su bocado.

finalidad o propósito, y su forma o diseño correspondían con ello.

Según Gould (2002), bajo la visión cartesiana y newtoniana del mundo, bases de la ciencia moderna, no se perdió la relevancia de las causas material y formal, aunque perdieron su status como causas. El estado causal quedó reducido a los agentes activos: las fuerzas del mundo newtoniano. Las nociones material y formal aún eran importantes, pues, en definitiva, con los mismos materiales básicos es posible construir una multiplicidad de cosas diferentes. Pero Gould apunta que los aspectos materiales y formales de un proceso no se consideran en la contemporaneidad como “causas”. Los atributos materiales y formales han devenido condiciones de fondo o constreñimientos operacionales en la lógica y en la terminología de la ciencia moderna. No obstante, algunos se encuentran retomando de manera recursiva el esquema aristotélico de causalidad cuatripartita. De acuerdo con Van de Vijver (1998), la concepción aristotélica de no aceptar el papel del azar en el desarrollo se conoce como *el desarrollismo de uno*. El desarrollo depende básicamente de la causa eficiente. La ciencia moderna desterró a la multicausalidad y sólo adoptó una causalidad eficiente, que accionaba desde el ambiente externo. Ahora se concibe la evolución y el desarrollo bajo el influjo no sólo de procesos deterministas sobre la dinámica local de los sistemas, sino también del azar, la emergencia y la autoorganización. A esta concepción se le llama *el desarrollismo de muchos*.

Al respecto, declara Schifter (1996): “El azar, según una definición clásica, es la intersección de series causales independientes. Lo aleatorio, en oposición al determinismo, es la independencia del pasado y del futuro.... según él, (el determinismo) es posible predecir los estados futuros de un sistema material si se conocen en un momento dado las condiciones de los elementos que lo constituyen. Todo lo que se producirá mañana tiene una causa hoy, y un conocimiento bastante preciso de la causa permitirá predecir el efecto. El *desorden* es precisamente el personaje principal de este relato. A la pregunta del lector con respecto qué es lo que lo causa, nos adelantamos diciéndole, ¡NADA!; siempre ha existido y hoy en día

sabemos que su presencia en muchos fenómenos es más común de lo que pensábamos hace algunos años”.

Con la visión mecanicista y reduccionista, los sistemas no son vistos como entidades capaces de mantenerse por sí mismos disipando e intercambiando energía con sus ambientes locales. Por el contrario, los sistemas son discernidos como agregados de componentes aislados que interaccionan debido a fuerzas externas. Como resalta Juarrero (1999), una vez que los sistemas son considerados reducibles a la suma de sus componentes, los conceptos de causalidad formal y final quedan ociosos. Al ser desechada la causa final, no es posible configurar una conexión entre el mundo externo y el contenido de una intención, vista ésta como atractor y guía del comportamiento voluntario. Y al ser descartada la causa formal, la totalidad de las causas fueron asumidas como eventos ocurrientes desde afuera, en el papel de generadores de fuerzas; es decir, todas operando como causas eficientes. Ninguna causalidad permaneció en lo interno de los sistemas, Sin la posibilidad de autocausalidad, nada subsistió para explicar conductas complejas.

Es razonable aceptar una multicausalidad, porque una causalidad eficiente, imaginada como único evento causal válido, no nos ayuda a interpretar la evolución de sistemas complejos. Es necesario admitir una causalidad compleja, no-lineal y heterárquica. Matsuno y Salthe (1995) y Van de Vijver (1998), elaboran un esquema de causalidad cuatripartita en función de un sistema embebido en su ambiente. Así, la causa material se refiere a la singularidad de la dinámica local. La causa formal alude a las condiciones de límites del ambiente. Su dinámica es integradora, de encerramiento. La causa eficiente se concibe como perturbaciones externas, episódicas, del ambiente, mientras la causa final tiene que ver con el aseguramiento, mantenimiento y conservación de la dinámica local. En este esquema, las causas formal y material accionan desde el interior del sistema y la eficiente y final desde el exterior, lo cual semeja a la propuesta de Aristóteles. Sin embargo, ¡existen diferencias abismales! Ni asoma ninguna prohibición para el automovimiento o autocausalidad, ni las causas constituyen una secuencia lineal de procesos o eventos, ni la teleología juega ningún papel en nuestro complejo mundo.

Heads (2005a) sólo admite el empleo de causalidad eficiente y material como causalidad legítima en la biología. A la causalidad formal y final la continúa vislumbrando a través del prisma aristotélico. A la luz de lo expuesto y de las reflexiones que siguen, semejante prohibición queda abolida.

Sotolongo (2002) bosqueja un modelo centrado más bien en la estructura y organización del sistema, a lo interno del mismo, aunque es evidente el también carácter exorreferente de la causa final. En este caso, la causa material hace énfasis en la interacción entre componentes, involucrados como partes de un todo. La causa formal materializa la interacción específica del todo sobre los componentes. La causa final representa la emergencia de un orden dinámico complejo, ventajoso dentro del contexto local, y la causa eficiente está incluida en lo interaccional intrínseco, contexto-dependiente. La diferencia básica con la propuesta anterior radica en el accionar de la causa eficiente, básicamente interna. No obstante, el consenso más extendido de la concepción de la causalidad eficiente es que la misma es externa al sistema (Alicia Juarrero, com. pers).

Moreno y Ruiz-Mirazo (2002) ostentan un enfoque semejante para la causalidad formal. Para ellos, es un proceso local y no intrínseco, en el sentido que no está pre-dado, constituye un resultado de la imposición de constreñimientos adicionales a la vía que la materia tiene de estructurarse a sí misma. Sus efectos son reestructurantes. No la conciben como una “ley de forma” platónica. La apariencia tiene que ver con la acción de fuerzas reestructuradoras locales. Es decir, que la forma es el resultado de una selección interaccional. Por otra parte, consideran que la causalidad material es intrínseca, y corporiza el siendo esencial de cualquier objeto. Capra (2002) ofrece un marco conceptual de cuatro perspectivas básicas, las cuales muestran algunas similitudes con las causas aristotélicas. Sin embargo, en la perspectiva del ilustre macedónico, la causa final es una manifestación del propósito de las cosas en el mundo, mientras en la visión de Capra la causa final representa el sentido, y no juega ningún papel fuera del ámbito de las sociedades humanas. Capra confiesa su fascinación cuando se percata que, después de más de 2000 años de filosofía, todavía analicemos la realidad dentro de las cuatro perspectivas

identificadas por Aristóteles. Fascinación de la cual también hacemos oficio.

De acuerdo con Salthe (1985), las causas son relaciones entre eventos, cuyos contextos y niveles relativos cambian, respecto a su posible ubicación en lo interno o en lo externo del sistema de referencias o focal. Las causas formales pueden buscarse tanto en lo contextual como en lo interno del sistema. Las causas eficientes son las que disparan los eventos, mientras que a las causas finales las concibe como salidas o productos. En resumen, las causas materiales y formales las ubica tanto en el nivel que trasciende como en el que subyace al nivel focal. Ambos tipos de causas suministran y facilitan ambientes para el desarrollo de procesos. Las causas eficientes inciden episódicamente sobre un nivel focal desde niveles superiores y accionan como perturbaciones. Las causas finales son “construidas dentro” de la estructura del sistema.

Salthe sugiere que los constreñimientos de nivel inferior (focal y subyacente) deben visualizarse como causas esencialmente intrínsecas; éstas son generativas y conducen a posibles resultados. Los constreñimientos de nivel superior, de la totalidad del sistema, representan causas regulatorias y disponen; éstos representan causas eficientes y finales, las cuales “dominan” las actividades y productividad del nivel focal. Su acción conjunta definen las llamadas “condiciones de límites” de la existencia de los sistemas, y se originan de resultados de procesos a niveles superiores al focal. Las condiciones de inicio y de límites interaccionan juntas y producen resultados a nivel focal. Las condiciones de inicio son conformadas y determinadas mediante las causas material y formal; éstas son intrínsecas y generan los posibles resultados. Por otra parte, las condiciones de límite son conformadas y determinadas mediante las causas material, eficiente y final, con la intervención de factores extrínsecos al focal. Todos estos procesos se desarrollan en un espacio y tiempo particulares, en un contexto ambiental específico. Debido a ello, dimana su carácter ideográfico o histórico. En este modelo se aprecia una heterarquía interaccional, debido a que existen causas, como la material, que se manifiestan a través diversos niveles.

Existe una diferencia en el tratamiento moderno de la causa eficiente por

parte de estos autores, ya que en ocasiones es concebida tanto externa como interna al sistema focal. De cualquier manera, según arguye Van de Vijver (1998), la estructura del sistema conecta las cuatro causas; por ende, la causalidad compleja es una red organizacional autoorganizada por el propio sistema en su interaccionar con su entorno. Sin embargo, la causa final o telos del organismo es parte de la descripción del ambiente; es tanto interna como externa. Como todo sistema disipativo, no es posible una descripción del mismo sin invocar un “afuera”, y así hemos insistido. Los sistemas complejos, como entidades autoorganizadas, son autorreferenciales, pero, como estructuras disipativas, son ecopoieticos, es decir, necesitan del exo, para realizar, momento por momento, el auto.

Otro tratamiento alternativo interesante es el relativo a la causalidad final. Kant discernió que un producto organizado de la naturaleza es a la vez fin y medio. Sobre esta base, Morin (1993) razona que, si la finalidad es recursiva, entonces los fines se convierten en medios y los medios en fines. Por ejemplo, las células libres se convierten en medios de la finalidad del sistema multicelular emergente. En los procesos coevolutivos, simbióticos, de organismos autónomos con sus propias finalidades, se autoorganiza una unidad más compleja con una finalidad más holística. De igual modo, la comida y el sexo en los humanos, de actividades mediáticas para la supervivencia y la reproducción, pasan a ser fines en sí mismos, asociados y perseguidos por puro placer y por su destacado significado dentro de determinados horizontes de cultura y convencionalismos. Paralelamente, el conocimiento, de marco referencial para sobrevivir en el entorno, pasa a ser finalidad existencial de muchos individuos.

En palabras de Morin, si la causalidad es recursiva, entonces el bucle es en sí mismo finalidad. La causalidad final es inmanente en todo bucle, pero no es un programa, es una emergencia. Las estrellas, los organismos, no realizan fisión termonuclear o metabolismo, respectivamente, porque “tiendan” a ello, sino porque su autoorganización procesal o su autopoiesis, según el caso, así obligan. Las interacciones, tanto aleatorias como deterministas, están desprovistas de finalidad. Morin enfatiza: “La finalidad es un producto de la producción auto-productiva. La

finalidad de lo vivo es la tautología de vivir para vivir, la finalidad de la vida es inmanente a sí misma, sin que pueda definirse fuera de la esfera de la vida. El Querer-Vivir es una finalidad formidable, testaruda, frenética, pero sin fundamento y sin horizonte, significa al mismo tiempo que la finalidad es insuficiente para definir la vida”.

Por su lado, Salthe (1985) distingue entre causa y regulación. Lo “causal” involucra las causas formal y material, consustanciales del dinamismo inherente de los sistemas. La “regulación” se refiere a la causalidad material (en parte), a la eficiente y a la final. En otras palabras: lo causal es intrínseco; lo regulatorio, externo. Como se aparta de la visión mayoritaria, Salthe reconoce que ello “es su peor conflicto con los hábitos establecidos”. De una manera coherente con lo anterior, Atlan (1998) enfatiza que una explicación causal de algo no siempre es lo mismo que la causa real de tal cosa. Una razón lógica para explicar una aparente relación puede ser diferente a su posible causa física, lo cual es un resultado de nuestra frecuente incapacidad de tener una explicación adecuada para algo que observamos.

Salthe también contempla la causalidad como una red de eventos sistémicos: “La causalidad debe ser reconceptualizada en términos de operación de constreñimientos”. Juarrero (1998) enuncia, de manera similar, que la causalidad es la “satisfacción constreñida simultánea”, siendo los constreñimientos procesos generadores de causalidad. Juarrero (1999) reitera que los constreñimientos sensibles al contexto son una maquinaria causal, pero no eficientemente causal, la cual conduce a la evolución, pero no a través de impactos poderosos, “eficientes”, sino haciendo a las cosas independientes. El marco dinámico del todo constriñe a los componentes; sólo les permite determinadas posibilidades de realización. Es la llamada causalidad desde-arriba hacia-abajo, la cual crea nuevas funciones y relaciones para los componentes; actúa como un agente selectivo. Por otra parte, los constreñimientos operando desde-abajo-hacia-arriba, modelan la estructura del todo, y son responsables de los fenómenos emergentes: de la creatividad, del cambio.

Sotolongo (2002) también relaciona causalidad con autoorganización y emergencia. La causalidad “compleja” es así comprendida en términos de

constreñimientos entre componentes y el todo y viceversa, sensibles al contexto y al entorno de los componentes. Esta causalidad es sensible a-lo-que-está-ocurriendo-ahora y también a la historia o pasado de los sistemas y sus contextos, es decir, a-lo-que-les-ha-ocurrido-antes. Es una causalidad contextual, específica y situada localmente, en oposición a la causalidad universal, idéntica para todo lugar y momento. Así, los sistemas autoorganizados son fenómenos autocausales y al mismo tiempo generadores de causalidad.

Morin asevera que la idea recursiva (equivalente a una satisfacción constreñida simultánea) rompe con la idea de la causalidad lineal. El principio de recursividad organizacional, donde los productos y los efectos son, al mismo tiempo, causas y productores de aquello que los produce es incompatible con la acción de causas externas y lineales. Ello no solo es valido para ciclos bioquímicos, sino también en la propia realización de fenómenos mucho más complejos como el ser global de la sociedad humana. La sociedad es producida por las interacciones entre individuos, pero la sociedad, una vez producida, retroacciona sobre los individuos y los produce. Von Foerster (1998) resalta de igual modo esta situación: “Por supuesto, otro aspecto que se niega en la argumentación habitual del modo de la causalidad, es el de que puede referirse a sí misma. Esto significa causalidad circular, que 'a' es la causa de 'b' y 'b' la causa de 'a'. Si ustedes examinan la literatura, esto será rechazado por estar absolutamente en contra de cualquier forma apropiada de argumentación y de razonamiento, y en contra de la regla de inferencia”.*

En el decir de Morin (1993), “La autonomía de la organización, ciclos recursivos etc, determina una endo-causalidad, no-lineal”. Vemos en esta endo-

* Von Foerster narra la siguiente anécdota. El inventor escocés James Watt (1736-1819) estaba presentando su idea nueva acerca de un motor de vapor ante la Academia Real Inglesa. El funcionamiento era muy sencillo. Un cilindro, un pistón y una válvula que permite al vapor entrar a una parte del cilindro cuando el pistón está en reposo. El vapor empuja al pistón a la otra parte, cerrando así la primera válvula y abriendo la segunda cuando el pistón es empujado al final del cilindro. Las válvulas son manipuladas por la misma rueda, la cual es guiada por el pistón. Los profesores de la Academia preguntaron: “¿Por la misma rueda?”, y él contestó: “Sí, señores”. Ellos replicaron: “No va a funcionar porque usted nos ha dado un argumento circular”. Y James Watt se marchó y puso a funcionar su máquina de vapor en su propio laboratorio.

causalidad una manifestación autorreferencial de los sistemas. “La endo-causalidad es local y la exo-causalidad es general. Las fuerzas de la exo-causalidad no están necesariamente organizadas. La endo-causalidad es improbable en relación a los determinismos y alea exteriores. La causalidad retroactiva, recursiva, constituye la transformación permanente de estados generalmente improbables en estados local y temporalmente probables. La endo-causalidad es retroactiva, por eso no toda acción exterior causa los mismos efectos. Eventos internos no están teledirigidos por la lógica del exterior y no están pilotados por una lógica de recipiente cerrado. Salvo excepciones extremas, no es posible aislar con certeza el 'factor decisivo', el 'elemento determinante', etc. ¿Era el empuje demasiado fuerte? ¿O la resistencia demasiado débil? Ni pasado ni futuro pueden ser inferidos directamente del presente”. De todo ello se desprende que la causalidad es también indeterminada, caótica.

Prigogine (1997a) ilustra la naturaleza borrosa de la multicausalidad del mundo cuando dice, “Al remontar el curso del tiempo en la búsqueda de causas, con frecuencia aparecen esquemas ramificados que, en sus cumbres, implican la coexistencia de factores causantes inicialmente distintos. Así, la búsqueda de causas se diluye en la niebla de una multitud de causas, cada una de ellas con una importancia intrínseca mínima, a pesar de que la ausencia de una sola puede a veces hacer desaparecer el efecto. Es posible entonces trazar un itinerario que lleve de la reflexión sobre la naturaleza sintética y conceptual de los modelos, al acento en su carácter meramente metafórico, y que desemboque en la afirmación sobre el desdibujamiento de la noción de causalidad como guía del proyecto de inteligibilidad del mundo, alimentado por la ciencia. Sólo que la violencia de esta trayectoria hacia la metáfora es, de hecho, una revocación de los imperativos causales impuestos a los modelos”.

En la opinión de Dent (2002), una de las razones de las grandes limitaciones del modelo tradicional de causa y efecto, es su predicación basada en una epistemología que sólo ilumina de manera estrecha los fenómenos organizacionales. Dent reconoce la existencia de muchas situaciones de sistemas

simples, donde modelos de causalidad lineal son apropiados, pero estos no son aplicables en sistemas complejos como los biológicos y los sociales. Es necesario, sugiere, un desplazamiento de la visión del mundo actual, capaz de apartarse del predominio exclusivo de asunciones filosóficas tales como objetividad, reduccionismo y racionalidad. Es necesario, agregaríamos nosotros, una visión ecológica de la causalidad. Esta necesidad es evidente en el siguiente ejemplo de Ackoff (1981), quien establece una distinción entre las relaciones entre productor-producto y las relaciones de causa-efecto.

Una relación productor-producto existe cuando **X** es necesaria, pero no suficiente, para causar **Y**. Por ejemplo, una semilla es necesaria, pero no suficiente, para producir un árbol. Si la semilla no es colocada en un ambiente adecuado, no germinará; incluso, puede no germinar sembrada en un ambiente adecuado si es estéril. En este tipo de relaciones, el productor, por sí mismo, no puede ser la causa del producto. Siempre existirán otras condiciones necesarias, como pudieran ser la calidad en nutrientes del suelo, la humedad, la incidencia de la energía del sol, y la no contingencia de determinados sucesos casuales. Aun germinada, la plántula o la planta joven podría ser devorada por insectos, moluscos o algún otro herbívoro mayor, o bien terminar destruida por el viento, anegada en una tormenta o aplastada por algún organismo grande y displicente.

La totalidad del ambiente es la que deviene un contexto causal crucial para estas relaciones. Es una multicausalidad contextual, ramificada, interpenetrante, no-lineal. En las interacciones y relaciones productor-producto, es el ambiente, el contexto local, el que deviene central para la comprensión y explicación. Así, Ackoff (1981) resalta: “El uso de las relaciones de productor-producto requiere del ambiente para explicar todo, mientras el uso de la causa-efecto requiere del ambiente para explicar nada”. En el primer caso, estamos considerando un sistema embebido en su ambiente o contexto local, pero en el segundo se asumen condiciones abstractas. Estas relaciones están contextualmente enmarcadas, no tienen aplicación universal; de otra manera, las condiciones ambientales no fueran co-productoras del efecto final. El modelo clásico de causalidad está centrado en la

definición de una variable, la cual, según Dent, constituye “un atributo nominado extraído de la complejidad del fenómeno observado, la cual es tratada como la misma esencialmente en cualquier contexto que ocurra”. Resulta fácil percatarnos que, en cualquier interacción entre entidades o sistemas complejos, las variables “fijas” se encontrarán variando momento por momento, co-definiéndose y co-determinándose en relación con otros componentes del sistema, y en relación con los constreñimientos que emergen desde el todo hacia las partes y viceversa.

Según destacan Argyris y Schon (1996), el propósito del concepto tradicional de causa-efecto, al cual se refieren como modelo social y científico normal de la causalidad, es el establecer “leyes de cobertura” para relacionar las variables X y Y. De esta manera, dados el valor de X y el conocimiento de que X ha ocurrido, Y resultará, con independencia de cualesquiera otras peculiaridades del contexto dentro del cual X y Y ocurren. Estos autores diferencian entre causalidad de designio y causalidad eficiente. La primera es definida como “la intención causal que conecta la intención de un actor (en el sentido de alguien que está actuando con un propósito para lograr algo determinado) a la acción que él o ella designa con el propósito de realizar dicha intención”. Nuestra ya conocida causalidad eficiente la definen como “la conexión causal entre un acto y sus consecuencias, intencionadas o no intencionadas”. En este caso, la causalidad eficiente es concebida de manera muy laxa y universal. Para Argyris y Schon, un mayor entendimiento de los fenómenos organizacionales será alcanzado cuando se le otorgue primacía a la causalidad de designio. La utilidad de la causalidad eficiente es escasa en la práctica, porque necesita de leyes de coberturas, leyes que a su vez deben ser precisas y cuantitativas.

Dent asume a la causalidad de designio embebida-en-el-ambiente y propone un modelo de causalidad en el cual la interacción es la unidad de análisis. Contempla, además de los componentes en interacción, las condiciones del contexto, es decir, los componentes embebidos en un contexto dinámico, así como a la interacción en el decurso del tiempo. Esto es debido a que muchas veces, lo que se determina como “causa” y como “efecto” depende del momento en el tiempo en que

la dinámica del fenómeno es observada. Es un modelo de causalidad bipartita, pero al mismo tiempo múltiple, porque se encuentra embebida en contextos locales y a través del tiempo. Por su parte, Moreno y Ruiz-Mirazo (2002) conciben a la causalidad como una red, más amplia y multifactorial de lo que aparenta, red donde algunos factores lo mismo modifican, como son modificados por la acción de otros. Este punto de vista aboga, como también enfatiza Dent, por una causalidad interaccional. De lo anterior, se infiere que la idea de estos autores es también la de una causalidad recursiva y, por lo tanto, no-lineal, pero sobre todo, insistimos, se percibe a la multicausalidad como una red eventual-procesal, donde la interacción es la unidad de análisis.

LA INFLEXIÓN ÚLTIMA DEL SUJETO COGNOSCENTE

La idea de un sujeto *reflexivo* y, en adición, *participativo*, se imbrica de manera muy natural con la noción del conocimiento como una actividad creativa y constructora del ser humano. La participación de los sujetos en la construcción de realidad (la realidad se nos devela en la medida que construimos un conocimiento, nunca absoluto, de la misma) estaba ya implícita en el pensamiento de Karl Marx: “La falla fundamental de todo el materialismo precedente (incluyendo el de Feuerbach) reside en que sólo capta la cosa, la realidad, lo sensible, bajo la forma de objeto o de la contemplación, no como actividad humana sensorial, como práctica; no de un modo subjetivo.... El problema de si puede atribuirse al pensamiento humano una verdad objetiva no es un problema teórico, sino un problema práctico. Es en la práctica donde el hombre debe demostrar la verdad, es decir, la realidad y el poder, la terrenalidad de su pensamiento. La disputa en torno a la realidad o irrealidad del pensamiento aislado de la práctica es un problema puramente escolástico”.

Cansino (1998) destaca el legado de Von Foerster a la ciencia, la idea de una reflexión epistemológica crítica, autodenominada “constructivismo radical”.

Sus dos tesis centrales son la construcción del conocimiento por el sujeto, y el carácter no adaptativo* del mismo. El conocimiento configura la organización del mundo experimental del sujeto y no el descubrimiento de una realidad ontológica objetiva; es en realidad una afirmación del ser, en este caso del observador. Esto significa que el paradigma prevaleciente era el de una epistemología de sistemas observados y no el de una epistemología de sistemas observadores. Cansino indica que ciertas cosas cambian radicalmente con el punto de vista constructivista. Y lo que cambia radicalmente es que algunas propiedades que se suponía radicaban en las cosas, de hecho radican en el observador.

En el criterio de Novo (2002a), el constructivismo plantea que el acto de conocer requiere de la participación de un observador activo, el cual construye teorías y conceptos mediante operaciones de todo tipo, utilizando su reflexión creadora y su capacidad de abstracción. La mente no crea sus leyes partiendo de la naturaleza, sino impone a la naturaleza leyes creadas por la mente humana. El conocimiento ya no se refiere a una realidad ontológica, 'objetiva'; el conocimiento afecta exclusivamente al ordenamiento y organización de un mundo constituido por nuestras experiencias. La inteligencia organiza al mundo organizándose a sí misma. El conocimiento, propugna Novo, “es una negociación entre la realidad que contemplamos y las expectativas, deseos, preconceptos, que conforman nuestros esquemas...junto a nuestra propia historia, a lo que hay que añadir el valor de los contextos, las influencias ambientales. Desde estas perspectivas, el mapa y el cartógrafo resultan indisociables, son a la vez artífices y factores limitantes de lo que se quiere conocer y cartografiar”. Por eso el conocimiento no es mera representación, sino una construcción, un acto factible de asumir de manera

* En más de una ocasión se ha manejado a la construcción del conocimiento como un rasgo evolutivo. Por ejemplo, Peirce razonaba que “la lógica es la cualidad más útil que pueden poseer los animales y, por lo tanto, debe haberse originado por la acción de la selección natural”. Popper comparó también al conocimiento con el proceso de evolución biológica, concibiendo una “epistemología evolutiva”, donde las hipótesis “mejor adaptadas”, eran seleccionadas y sustituían a las más caducas.

individual o social. El conocimiento es visto como un vínculo entre el observador y lo observado.

Novo apunta que todavía hoy persiste en muchas mentes, incluso mentes científicas, la creencia arraigada del poder representar fielmente un mundo 'real', cuyo desvelamiento sería tarea esencial de la ciencia. Ese es el modelo del conocimiento como representación. Esa es la idea de que el conocer consiste fundamentalmente en cartografiar el mundo y la pretensión del poder hacerlo de forma total. Pero con ello se deja fuera al “cartógrafo” y no se contempla la posibilidad de su propio aporte a la imagen que obtiene. Mayer (2002) retoma la metáfora del conocimiento como mapa de la realidad, y nos dice, “Cada ciencia construye un mapa de un territorio que no podrá ser nunca completamente representado, mientras cada arte representa una imagen general del territorio, pero son imágenes sujetas a tantas interpretaciones cuántos son los sujetos que las leen: lo importante es no confundir los mapas con las interpretaciones, y las dos cosas con los territorios. Existen puntos de encuentros: una imagen una intuición- nos ayuda a concebir un mapa, así como un mapa nos puede dar indicaciones sobre que imágenes vale la pena construir”.

Por su parte, Maturana (1987) postula que el observador no puede alegar acceso a una realidad objetiva independiente, al ser dicho observador un participante constitutivo de lo observado. Para Rozo (1999), esta proposición es evidentemente radical, pues implica pasar de un Universo, esto es, de una realidad objetiva única que es la misma para todos, a un “Multiverso en el que hay tantos dominios de realidades, como dominios de coherencias experienciales del observador vividas como dominios de explicación de experiencias en coherencia con las experiencias. En la visión del Universo como un dominio de realidad único, la validez de una declaración descansa en sus conexiones con la realidad objetiva del Universo. En la visión del Multiverso, en cambio, la validez de una declaración descansa en su conexión con las coherencias experienciales del dominio de realidad al que pertenezca”.

Nuestro conocimiento de la realidad no es sencillamente reproductor, sino creativo, pues la realidad que vemos es al mismo tiempo una multiplicidad de construcciones (Novo, 2002a). Lavanderos y Paz (2004) exponen una idea congruente. En su criterio, pueden existir tantas realidades como formas de vivir emerjan de cada ser o tantas realidades como dominios de explicaciones pueda proponer el observador. A ello le denominan configuraciones relacionales observador-entorno emergentes dentro de una red territorial de comunicación. Lo cual equivale a comprender que el conocimiento es una configuración de relaciones. Desde lo relacional, la complejidad implica la lógica sobre la cual están operando las configuraciones y las formas de configurar del observador. Superar la inconsistencia entre diferentes complejidades o lógicas, permitiría que se construyan espacios de lenguaje común, que enlacen, coordinen e integren el conocimiento generado.

Para Lavanderos y Paz, el conocimiento científico consiste en configurar distinciones con sentido para un contexto de significado, y siempre será constitutivo a la cultura del observador. Estos autores abogan por un sujeto participativo, no sólo reflexivo. Desde estas perspectivas, los procesos descriptivos-interpretativos acerca del mundo no se aplican a una realidad que existiría con independencia del observar del observador. Este sería un proceso de co-circunstancialidad, al implicar tanto la definición del observador como la definición de lo observado. Debido a esta intersección entre relación y distinción, la posibilidad de lo observado radica en la centralización y autorreferencialidad del observador, desde el momento que es el observador quien argumenta. El discurso emerge del sujeto observador en relación con lo observado, conformando el sistema observante, que como tal, es autorreferente.

Según Munne (1999), las teorías científicas, más que realizar predicciones u ofrecer la posibilidad de aplicación, deben generar dudas y alternativas y, en consecuencia, propone elaborar “teorías generativas”, caracterizadas por contradecir los supuestos comúnmente aceptados de la cultura y por ser capaces de transformar la realidad. En su criterio, si el conocimiento se reduce a la construcción de un

mundo construido por el sujeto como individuo (constructivismo), o por los sujetos como interactuantes con los otros (construccionismo), se elude el conocimiento como *relación*. Entonces se opta por suprimir el elemento no psicológico de la misma, el objeto. Pero esta “solución” no hace otra cosa sino plantear el problema de cómo explicar el conocimiento a partir sólo del sujeto. Para salir del atolladero, aduce Munne, se recurre a importar el concepto de autoorganización, arreglándolo a su medida para poder aplicarlo al carácter radical otorgado a la construcción. La construcción pasa a ser, de este modo, un proceso cognitivo de carácter autógeno. Así, *deconstruída* la realidad objetiva, la tarea constructiva queda a cargo del sujeto, quien debe autoproducir la realidad mediante el conocimiento como autoorganizador.

Munne advierte que entre el enfoque constructivista radical y el de la complejidad aparenta existir una plena sintonía, pero una peculiaridad esencial los separa. La complejidad sólo es asumida por el primer enfoque en la medida en que favorece y no en la que puede rebatir su planteamiento epistemológico, porque únicamente queda referida al sujeto. En cambio, el enfoque de la complejidad no restringe el fenómeno autoorganizativo al sujeto, sino al *sujeto-entorno*. No es posible prosigue- partir a la complejidad, tomar un pedazo y dejar el resto, pues esto sólo es válido con la simplicidad. La construcción ha de ser considerada tanto un fenómeno objetivo como subjetivo, y no puede ser considerada el proceso fundamentante, ni siquiera el proceso *primus inter pares**, sino un proceso psicológico y social más. De este modo, la “otredad”, lo exo-referencial, condiciona o co-determina nuestras construcciones cognitivas, al igual que nosotros realizamos lo mismo con las de los demás. No hay construcción sin comunicación, ni comunicación sin construcción; la construcción resulta de la socialización y viceversa. Con ello Munne implícita el carácter autorreferencial, pero al mismo tiempo exorreferencial de la construcción de conocimiento. Así, se establece que en

* *primero entre sus iguales*

la creación y construcción del conocimiento intervienen procesos tanto gnoseológicos como fenomenológicos, en una sola palabra: contextualizantes o hermenéuticos, emergentes de la relación sujeto-objeto-entorno.

Munne, muy acertadamente, llama a la cordura con respecto a las posiciones constructivistas en sentido amplio. Según su criterio, esta perspectiva en su versión radical aborda la cuestión del sujeto y el objeto operando no por síntesis, sino por reducción del problema, al conducir a una posición claramente antropocéntrica. Se hace depender el objeto del sujeto, de un sujeto que arregla el objeto a su medida, declarándose juez sin reconocer que es a la vez juez y parte en el asunto. En el fondo, observa Munne, estamos ante una reivindicación monopolística del sujeto (no del sujeto psicológico, sino del sujeto cognoscente), que conlleva la extinción epistemológica del objeto. La distinción entre el sujeto y el objeto queda, con esto, suprimida. Pero no se juega limpio, porque para superar el problema se elimina el objeto en los procesos de conocimiento y se mantiene el sujeto. Ahora bien, esto aumenta los problemas, porque prescindir del objeto del conocimiento reduce drásticamente la realidad del propio sujeto, en tanto que congruentemente comporta eliminarlo incluso como objeto de auto-conocimiento. Asimismo, conlleva eliminar al sujeto de conocimiento en tanto que presente en el objeto.

Este autor concluye que la realidad de los otros (y de la naturaleza) no se encuentra en dependencia sólo del sujeto pensante o significante, so pena de convertirse en puro pensamiento, algo así como la famosa escultura de Rodin, *El pensador...* pero sin la escultura. Expresado de otro modo, para salvaguardar la independencia del sujeto se ha escamoteado el objeto. Si la cognición es considerada como un proceso de la vida, entonces la relación entre el conocedor y lo conocido adquiere otro sentido. Pero justo es en este nivel de complejidad, que nos es propio, donde nuestro conocimiento ya no es una pura reacción constructiva o elaboradora de respuestas. Al conocer que conocemos, podemos objetivar el conocimiento y representarnos la realidad, incluidos nosotros mismos.

Por su parte, Morin (1984) había observado: “El objeto de conocimiento no

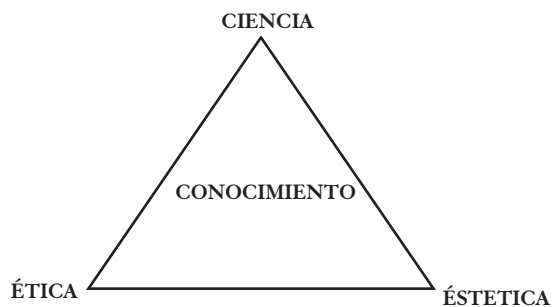
es el mundo, sino la comunidad nosotros-mundo. Dicho de otro modo, el objeto de conocimiento es la fenomenología, y no la realidad ontológica”. Esta perspectiva es también asumida por Thom (2000), Novo (2002a) y Flores (2004). Desde este punto de vista, la “fenomenología” no coincide con la perspectiva fenomenológizante ya comentada en la relación sujeto-objeto. Según Flores, la cuestión fenomenológica alude al sentido de las cosas, lo que éstas significan, la dirección que toman, como también implican el horizonte desde donde emergen. La fenomenología no se limita a una ciencia que estudie algo, en este caso los fenómenos, sino a una disposición del sujeto encarnado y situado en el mundo, de enlazar y enriquecer la experiencia de sí mismo y del mundo.

La comunión sujeto-objeto, como relación fenomenológica, no es subjetiva en el sentido de ser acciones cerradas de los sujetos consigo mismos, sino vinculantes con los otros, y el mundo. El mundo deviene experiencia y, por tanto, deviene relación, movimiento, significación. Flores concluye que el abordaje de la dimensión de la fenomenología es una decisión de visitar las relaciones que nos vinculan "a las cosas mismas". Estas "cosas mismas" no son ya las esencias, o la materia, ni menos sus causas lineales materiales. Las cosas "muestran" a la conciencia sus caras, direcciones y movimientos. A su vez, la reciprocidad de una conciencia intencional “hacia” las cosas, y de las cosas “hacia” la conciencia, lleva a ampliar la actitud fenomenológica al arte, la literatura, la historia y la estética, no sólo a la conceptualización filosófica.

Si al diálogo del ser humano con la naturaleza le llamamos interpretación, entonces nuestros enfoques que deben ser hermenéuticos, contextuales- necesitan un sistema de metáforas interpretativas. Así, insinúa Novo (2002a), la metáfora-guía para la noción de verdad ya no es más el acto de captar (cartografiar), sino el hecho de *habitar*. En el Capítulo 1 sentimos la imagen, expresada por Khun, que *habitamos* los paradigmas. Por su lado, Rosty (1995) propone: “la conversación es el contexto último dentro del cual se debe entender el conocimiento”. El ser humano habita el mundo como un ser que se realiza en flujo de conversaciones, en diálogos.

Al seguir esta línea de razonamiento, descubrimos, junto con Novo, que nuestra aproximación al mundo es estética, porque el conocimiento, aún el científico, está repleto de ejercicios de intuición y de metáforas. Entonces, en palabras de Novo, de nuevo asoma la estética, porque en el hecho de habitar, la experiencia de la verdad está destinada a devenir una experiencia poética y estética. El ser humano habita el mundo, pero él también está habitado por su propia historia, habitado por pulsiones, pasiones y deseos. Al habitar el mundo nos sumergimos en una dimensión ética, pues habitar el mundo implica responsabilidad, y la construcción de conocimiento no puede eludir esta responsabilidad, con el otro y con la naturaleza.

Esta educadora ibérica nos insinúa una inflexión última del sujeto, ya no sólo reflexivo y participativo, sino un sujeto cognoscente completo en cuerpo y alma. Este sujeto es un habitante embebido en su mundo y en el mundo y que piensa, no sólo con su razón, sino con todo su ser y con todos sus sentidos, por el mero hecho de que es un habitante del mundo. El sujeto, para reflexionar sobre el mundo, tiene que sentir primero su comunión con el mismo. De este modo, discursa sobre el mundo desde su mundo, habitándolo, siendo una extensión participativa del ser y de la cultura de su mundo y, al mismo tiempo, de sus pasiones y demonios personales.



Novo asegura sin rodeos que nos hallamos en medio de un triángulo, porque el conocimiento ha ido perfilándose como un acto científico, estético y ético *El*

conocimiento se ha complejizado; se ha ido acercando a la complejidad misma de todo sujeto cognoscente, también a la hermosa telaraña del mundo vivo y sus múltiples interrelaciones. Es por ello que la construcción de conocimiento es congruente con una perspectiva fenomenológica, porque emerge de la interacción de fenómenos: de los sujetos, de las cosas, del ambiente social y cultural. Es una consecuencia del fenómeno de habitar los sujetos en el mundo y del mundo ser en parte construido por los sujetos.*

Munne (1995b) resume: “El mundo al que el filósofo y el científico herederos del pensamiento griego están acostumbrados a aproximarse dista mucho de la realidad descrita desde la complejidad... Los valores negativos de aquella, que ignoró o estigmatizó, se revelan ahora como constituyentes y constitutivos de nuestro mundo. Es claro que todas estas afirmaciones carecen de sentido y por lo tanto resultan incomprensibles formuladas desde la razón simplificadora. Esta razón se encuentra basada exclusivamente en el orden, la regularidad y la coherencia, lo cual reduce el conocimiento de los aspectos contrapuestos de la realidad, que resultan relegados o alterados. Así, en una realidad lineal, lo no-lineal tiende a verse como azaroso; en una realidad ordenada, el caos es desorden o carece de sentido; en una realidad regular, lo irregular procura 'regularizarse' o eliminarse; en una realidad coherente se reducen las contradicciones y vaguedades, o se ignoran en pro de lo armónico y claro. La razón simplificadora desnaturaliza todo cuanto impide la simplicidad; en cambio, sólo una razón que asuma la ambigüedad y un conocimiento que se base en la complejidad da cuenta cabal de la realidad”.

* *Lavanderos y Malpartida (2002) le otorgan de igual modo una dimensión auto/exo referencial y estética/ética a la cultura. “...resulta inadmisibile pretender explicar el desarrollo de la cultura sobre la base de 'relaciones que le son internas' sin referencia a un entorno que no sólo es generado por la cultura sino que al mismo tiempo posibilita la organización de esa cultura....pensar y replantear la idea de entorno (se refiere al entorno humano, a la interacción emergente cultura-naturaleza), implica reeducarse estética y éticamente, implica generar una forma distinta de actuar. El entorno no es una “cosa” que esta allí afuera, debe ser entendido como el emergente de nuestro comportamiento, el que a su vez modela nuestras acciones. Es nuestro entorno y como tal no es independiente de nosotros ni nosotros somos independientes de él. En este sentido aquí ya no actuamos sobre oïkos de bosque, montaña o selvas como cosas externas a la cultura, actuamos sobre ecotomos, como emergentes cultura-naturaleza que comprometen nuestro actuar futuro”.*

Según reconocía Francis Bacon, “no debe reducirse el mundo para que quepa en él el conocimiento, sino el conocimiento debe ensancharse para que quepa en él el mundo”. Y también acotaba: “el entendimiento humano no es luz seca, pues recibe una infusión desde la voluntad y los afectos...La realidad debe ser acogida como es, pero reteniendo de manera comparable una vividez y un juego de las emociones. La naturaleza y sus secretos deben ser estimulantes a la imaginación, como son las poesías y las fábulas”. Bacon aconsejó el uso de aforismos, ilustraciones, cuentos, fábulas y analogías; en fin, cualquier elemento que conllevara la verdad desde el descubridor hacia sus lectores, tan claramente como una pintura. “La mente no es como una tablilla de cera. Sobre una tablilla usted no puede escribir lo nuevo hasta que no borra lo viejo; sobre la mente usted no puede borrar lo viejo excepto por la escritura en lo nuevo. La ciencia debe ser poesía, y la poesía ciencia”.**

Desde el siglo XIX, el pensador cubano José Martí vislumbraba: “Toda ciencia empieza en la imaginación, y no hay sabio sin el arte de imaginar, que es el de adivinar y componer, y la verdadera y única poesía”. Incluso, Arthur Conan Doyle, epítome del pensamiento analítico-deductivo con su creación inmortal, Sherlock Holmes, no fue nada remiso al admitir en un cuento el valor de la intuición y la sensibilidad en el conocimiento: “He visto demasiado como para no saber que la impresión de una mujer puede ser más valiosa que la conclusión de un razonador analítico”.* Y ese decir fue mucho decir para un victoriano de alcurnia. Por su parte, un laureado de nuestra contemporaneidad, Heisenberg, escribió: “En lo que atañe a los átomos, el lenguaje puede ser usado solamente como en poesía. La física cuántica...ilustra con claridad el hecho de que podemos comprender plenamente

* *Estas frases de Bacon son muy notables, pues su nombre, junto al de Descartes y Newton, se asocian al paradigma de la disyunción, el reduccionismo, el mecanicismo y el dominio-control de la Naturaleza, así como al razonamiento estrictamente lógico racionalista. De hecho, es frecuente el uso del epíteto Baconiano/Cartesiano/Newtoniano para referirse a este paradigma.*

* *El hombre con el labio torcido.*

una conexión aunque sólo podamos hablar de ella por medio de imágenes y de metáforas”.

Pigem (2002) espeta sin rodeos, “La mejor ciencia es la intuitiva, la ciencia siem pre ha progresado por los saltos que la lógica no sabría dar. Esta nueva ciencia, postmoderna y holística, nos abre los sentidos a un mundo inesperadamente complejo y fascinante, un mundo que ya no es una máquina, sino una red de intrincadas relaciones”. De igual modo, Flores (2004) alega que la apertura a la complejidad del conocimiento es paralela a la disposición de enfrentar las incertidumbres. La incertidumbre no es sinónimo de escepticismo o de relativismo. Al contrario, las incertidumbres nos abren al asombro del Universo, a la exploración del conocimiento, y a la fragilidad de la existencia humana, revalorizándola y comprendiéndola. Es en este caso como la comprensión de las “cosas” requiere justamente una reformulación del concepto habitual de cosa y causas, lo que no se limitaría sólo a lo cognitivo, sino también a lo existencial, en lugar de acumular un repertorio de explicaciones. Así, nos encaminaríamos al descubrimiento del misterio y del infinito.

En una reflexión sobre los postulados de la ciencia y el arte, *Novo (2004)* *confirma* que tal vez ambos, el conocimiento artístico y el científico, pretendan lo mismo: luchar contra el miedo al vacío de la ignorancia o dejarse abrir al asombro luminoso de lo vivo. El arte se basa en el supuesto de que los seres humanos podemos intuir, conocer, imaginar y expresar aspectos de la realidad, por medio de mecanismos que son inadecuados en el marco de la ciencia. Al hacerlo, estamos contribuyendo a *desvelar complejidades ininteligibles desde el punto de vista científico*, como afirma Wagensberg (1998). En efecto, la intuición, la imaginación, la capacidad para hacer asociaciones inéditas, son funciones del ser humano que permiten acceder a espacios y a complejidades imposibles de apresar o comprimir en el marco de una teoría, una fórmula, una ley general. *El arte no intenta reducir la complejidad, se limita a aceptarla*. Morin (1993) aboga por un “arte complejo o arte

de concebir las interacciones”.

Por otra parte, se plantea la importancia de “presupuestos temáticos” o *thêmata*, sobre la orientación singular de los descubrimientos científicos, al resaltar el modo en que la formación y las fuentes imaginarias de cada investigador influyen en las expectativas de lo que éste espera o desea encontrar e, incluso, en la explicación que de ello hace. Esta influencia, generalmente aceptada en el terreno artístico, plantea un condicionamiento previo al método y está presente -se reconozca o no- en toda la secuencia de su aplicación científica, lo que aproxima, o al menos disminuye, las distancias entre uno y otro modo de crear conocimiento.

Novo (2002b) se encuentra convencida de que se nos ha inculcado un pensamiento basado en fronteras:

- entre la naturaleza y los seres humanos (*res cogitans* y *res extensa*)
- entre el pensamiento occidental, de corte lineal, y otras formas de pensamiento
- entre la ciencia y el arte

Pero ocurre que el sujeto es el intérprete de la complejidad del mundo. El sujeto crea realidad cuando pretende conocerla; crea mezclando con sus expectativas e ilusiones, con sus deseos de encontrar lo que busca. Para ello utiliza la totalidad de su ser: razón y emoción, mente y cuerpo, teorías y sueños. Es decir, interpreta sin fronteras. Debido a ello, debe imperar un nuevo concepto de frontera, en el sentido de que los contrarios encuentran su lugar en el diálogo: orden y desorden, vacío y forma, lo que se piensa y lo que se siente, la ciencia y el arte. La frontera así es conceptualizada como aquello que une dos realidades, la zona intersticial en la que concurren encuentros vitales de especial significado. Ciencia es entorno del arte y arte es entorno de la ciencia. De cualquier manera, Novo reafirma que la ciencia es y será una noble y difícilísima tarea caracterizada por algunos rasgos esenciales:

- La búsqueda de la mayor *objetividad* posible.
- El establecimiento de *leyes o principios generales*.

- La *inteligibilidad*, es decir, la capacidad de transmitirse a través de leyes o principios para expresar de forma sintética (“comprimida”) a los sistemas a fenómenos que representan, de modo que la “comprensión” está relacionada directamente con la “compresión”.
- El sometimiento al *principio de falsación o dialéctico*, que sostiene que un conocimiento, para ser científico, tiene que arriesgarse a ser falsado, a ser derribado por las experiencia o por nuevas teorías o leyes que describan mejor el objeto.

Mayer (2002) retoma el tema de la separación o fronteras entre las “dos culturas” -entre la ciencia y el arte- pero con el objetivo de alertar acerca de un efecto de la globalización: el contraste entre culturas, sean científicas o artísticas, y las “no-culturas”. El concepto de las “no-culturas” incluye también el de los “no-lugares”. Los no-lugares se interpretan como un espacio en el cual cualquiera que lo atraviesa no puede leer nada de su identidad (de su relación consigo mismo), ni de su relación con los otros. Las no-culturas son todas aquellas construcciones humanas que no se fundamentan en la diferencia, sino en la homogeneización. Si la información es una diferencia que produce una diferencia, razona esta educadora italiana, entonces la información generada (o más bien degradada) por la no-cultura es una diferencia (superficial) que produce una homogeneización (sustancial). Los no-lugares, producidos por la no-cultura, son aquellos sitios en los cuales se encuentra lo que se esperaba encontrar, con independencia de los contextos y culturas reales en cuyo seno se insertan.

Los no-lugares son por lo general centros recreativos y comerciales estereotipados, de formatos y ofertas homogéneas y totalizantes-globalizantes. Las no-culturas que lo producen están representadas por leyes de oferta-demanda, y determinados formatos de publicidad escrita o televisiva, así como ciertos videos musicales, espectáculos, revistas y libros. En todo ello, apunta Mayer, no hay ni producción de conocimiento ni margen para la intuición o la reflexión, sino sólo

reconocimiento y reciclaje de cuanto ya se conoce y se consume. Esta señora advierte acerca de un peligro real. Las culturas científicas y artísticas, cada cual a su modo, han desarrollado históricamente una responsabilidad respecto a la imagen del mundo que ayudan a construir, dando cuenta de límites y posibilidades. Sin embargo, las no-culturas de un mundo globalizado no conocen en apariencia límites ni fronteras, ni asumen responsabilidades con su ubérrima y creciente proliferación de no-lugares, dadores exclusivos de certezas y certidumbres recicladas y no creativas. Michelle termina su reflexión llamando a “mediadores”, tales como científicos, artistas y maestros, quienes deben estar dispuestos a interponerse entre culturas y no-culturas.

Pensamos que tales metáforas de la realidad cotidiana son también aplicables en el propio ámbito de la cultura científica. La rigidez del razonamiento dentro de determinados paradigmas ampliamente aceptados y cómodos, que otorgan gran seguridad y certidumbre a sus practicantes, constituyen no-lugares de los que es preciso apartarse, pues en ellos se entierra la creatividad y se disuelven los horizontes de nuevas expectativas. Si buscamos, encontraremos estos sitios a través de las explicaciones que prevalecen en las teorías de la evolución, en la biogeografía, en la sistemática o en cualquier otra disciplina de las ciencias biológicas. Parafraseando a Blake, exclamaríamos: ¡Librenos Dios/de las no-culturas/y los no-lugares!

Para terminar este capítulo, concedamos que Wagensberg (1998) nos sugiera una vía a seguir: “Una complejidad asalta a la mente. Si esta es lo bastante simple (¡!), entonces puede aplicársele el método científico”. Y continúa este autor: “Todo conocimiento puede simbolizarse como un punto en el espacio representado por esas tres dimensiones (el conocimiento científico, el artístico y el revelado). Los caminos por ese espacio del conocimiento pueden ser audaces, fraudulentos, esperanzadores, ingenuos...Percibida una complejidad, se inicia uno de estos caminos infinitos. Y esa es la cuestión”. Como nosotros nos consideramos, definitivamente, habitantes con sentido estético de este mundo, cerramos con María Novo (2002b), quien nos garantiza que “La aventura de conocer sólo es válida y gratificante cuando buscamos

conocer con nuestro cuerpo, con nuestra pasión, nuestros sueños y sentimientos... y también con la mente". Y así, nos regalamos con la sensibilidad de la educadora ibérica:

A nosotros, /paseantes de la vida, /que quisimos
entenderla/y, al fin, /nos conformamos con amarla.

Capítulo 4

La evolución orgánica en el ojo de la complejidad

“Lo que fue semilla se convertirá en hierba verde, y la hierba en espiga, y la espiga en pan. El pan se convertirá en líquido nutriente, el cual produce sangre, y de la sangre semen, embrión, hombre, cadáver, tierra, roca y mineral, y así la materia cambiará de forma una y otra vez y es capaz de tomar cualquier forma”

Giordano Bruno

“Las ideas de orden son profundamente ideológicas, por tanto, la descripción de la evolución, cómo productora de orden es una de ideología. En este sentido, la evolución no es ni un hecho ni una teoría, sino un modo de organizar conocimiento acerca del mundo”.

Levins y Lewontin

“Procura entender que estás aquí, y que las cosas que te rodean te transforman, de la misma manera que tú las transformas a ellas”.

Paul Coelho

*Ecce quam bonum, frates! **

EL LEGADO DE CHARLES DARWIN

El célebre Ernst Mayr (1992) acotó: “Un evolucionista moderno vuelve a la obra de Darwin una y otra vez...Pero no sólo se vuelve a los escritos originales de Darwin por razones históricas. Frecuentemente, Darwin comprendió las cosas con mucha mayor claridad que sus partidarios y sus oponentes, incluidos los de hoy en día”. Los restos del ínclito naturalista reposan

*¡Oh, cuán gozoso es, hermanos, estar todos unidos! (de la Biblia).

en la Abadía de Westminster, no muy lejos de los ilustres despojos de Isaac Newton y William Shakespeare. Darwin (1809-1882) se atrevió a proponer que todas las criaturas vivientes del planeta compartían un mismo antecesor común, incluyendo nuestra arrogante estirpe. A partir de Darwin, el origen del ser humano fue visto como un proceso consustancial del mundo natural, dimanado de los mismos mecanismos generadores de las bullentes bacterias, los amorfos gusanos o las etéreas mariposas. Aún más, el afamado sabio osó afirmar que el antecesor natural más cercano de nuestra especie era compartido con los grotescos simios. Por supuesto, todas estas ideas no fueron aceptadas con beneplácito *temporis punctum*. Se dice que una dama de la alta sociedad exclamó al escuchar las noticias sobre orígenes tan poco nobles: “Esperemos no sea cierto; pero si lo es, esperemos no se haga público”.²⁵

Según la opinión del filósofo Michael Ruse (2001), “La de Darwin fue una revolución que igualó la de Copérnico. Verdaderamente, uno podría aun decir que, en el ámbito secular, las ideas de Darwin y su influencia igualan las de Jesucristo en el ámbito espiritual igualan y hasta tal vez sobrepasan”. No obstante el carácter revolucionario de su teoría, ésta fue, al final, acogida con todo entusiasmo por los conservadores, orgullosos y sexistas victorianos. No es casual que el sabio repose en lugar tan emblemático de la idiosincrasia del otrora poderoso imperio. Darwin decía: “Cómo la selección natural trabaja únicamente por y para el bienestar de cada criatura, todas las dotes corporales y mentales tenderán a progresar hacia la perfección”. No era difícil para el ego imperial situarse a sí mismo en la altiva cúspide de ese influjo natural. De igual modo, discurría el naturalista, “la naturaleza actúa uniforme y lentamente durante vastos períodos de tiempo sobre la organización completa, en cualquier vía que pueda ser para el propio beneficio de cada criatura”. Desde este punto de vista, cualquier acción para el auto-beneficio podría acogerse, con el mayor desenfado y sin miramientos por las consecuencias, como el cumplimiento natural de leyes legítimas e inexorables.

¿Y cómo no acoger con todo entusiasmo y resolución todo lo implícito en las

ideas siguientes?: “En cada país bien abastecido, la selección natural actúa a través de la competición de los habitantes y, como consecuencia, conduce al éxito en la batalla por la vida...Por lo tanto, los habitantes de un país, generalmente más pequeño, a menudo se entregan a los habitantes de otro país, generalmente más grande. En el país más grande habrán existido más individuos y más formas diversificadas, así, la competencia habrá sido más severa y, por ende, el nivel de perfección se habrá hecho más alto”. Con esta imaginación, Darwin encajaba a la perfección con la herencia del pensamiento clásico de interacción por dominio y competición. Por otro lado, la inescrupulosidad en el accionar por parte de los países más poderosos contra la naturaleza y contra otras sociedades, era vista como parte del curso natural de las cosas. La “causa final”, el *telos* y hasta el *pathos* de las naciones económica y militarmente potentes sería justamente eso: predominio y competencia.

Imbuído por estas ideas de acumulación, beneficio y progreso, Darwin (1871) expresó pensamientos como los siguientes: “En todos los países civilizados el hombre acumula propiedades y las lega a su hijos. Por tanto, así, los niños en el mismo país no comienzan parejo de ninguna manera en la carrera por el éxito. Pero esto está lejos de una maldad pura; sin la acumulación del capital las artes no podrían progresar; y es principalmente a través de su poder que las razas civilizadas se han extendido, y se encuentran ahora extendiendo su dominio, por doquiera, para tomar el lugar de las razas inferiores... Nosotros, los hombres civilizados.....construimos asilos para el imbécil, el lisiado y el enfermo.....La vacunación ha preservado miles.....Así, los miembros débiles de las sociedades civilizadas propagan su claseesto debe ser altamente perjudicial para la raza humana. Es sorprendente cuán rápido un deseo de cuidado, o un cuidado erróneamente conducido, conlleva a la degeneración de un raza doméstica; pero excepto en el caso del hombre en sí mismo, a duras penas cualquier otra raza es tan ignorante para permitir la reproducción de sus peores animales”.^{*} Y en otro pasaje

^{*}*Un poco más adelante (al parecer para mitigar lo anterior) Darwin añadió que deberíamos ayudar a los desamparados: “aun a riesgo de rebasar la razón más sólida”. De no ser de esta manera, sufriríamos “el deterioro de la parte más noble de nuestra naturaleza”.*

afirmó: “El hombre es más corajudo, tenaz y energético que la mujer, y tiene un genio más inventivo. La mujer despliega mayor ternura y menos egoísmo”.

Darwin argumentaba que los machos de muchas especies eran seleccionados por su agresividad, colores brillantes, o apéndices desmesurados, mientras las hembras se mantenían pasivas, a la expectativa, sin una función evolucionaria definida. Sin embargo, es plausible también un replanteo del proceso. Las hembras podrían ser seleccionadas para una conducta poco llamativa y una coloración críptica, al ser ellas las encargadas directas de producir y cuidar a la futura progenie. Los atributos llamativos de los machos proclamarían un magnífico poseedor de cualidades deseables para la supervivencia de las crías, y estos atributos serían seleccionados por las fémimas. Por otra parte, los vistosos atavíos de los machos los convertirían en el cebo perfecto para los depredadores, alertas al descuido de cualquier individuo presuntuoso. En una inversión de las arraigadas ideas aristotélicas, entonces las hembras serían, verdaderamente, las moldeadoras, las dadoras de formas, mientras los machos, eventualmente, aportarían, los que pudieran, la semilla.

De este modo, serían las hembras las verdaderas artífices del proceso evolucionario. Esta última perspectiva era esgrimida por el alter-ego intelectual de Darwin, Alfred Russell Wallace, quien consideraba al dimorfismo sexual una función del camuflaje de las hembras, no un resultado de la gallardía de los machos con la consecuente preferencia de las hembras. Lo interesante es que la genética contemporánea soporta estos puntos de vistas. Todo parece indicar que en la humanización de los homínidos, medida por el incremento de las habilidades cognitivas, han intervenido de manera decisiva, y por partida doble, las hembras. Estas habilidades congénitas, así como otras propiedades relacionadas con el buen funcionamiento del cerebro parecen estar asociadas al cromosoma X, transmitido por las fémimas (Check, 2005). Aun más, se sospecha que las más antiguas y tal vez igualmente casquivanas humanas tendían a elegir los hombres más ingeniosos, a su vez tan inteligentes debido a la herencia materna. En fin, se establecía un bucle

recursivo genético.

Mucho antes de Darwin, Inmanuel Kant había sugerido un parentesco común para todas las formas de la vida, basado en similitudes universales, como las del esqueleto en los vertebrados y otras más de índole variada. La vida, concedía este filósofo, podría haber surgido resultante de algún proceso *mecánico* similar a la de la formación de cristales, pero juzgaba absurdo esperar la llegada de un nuevo Newton que, esgrimiendo únicamente una teoría mecánica, hiciese comprensible siquiera el crecimiento de una hoja de hierba. Evidentemente, Kant percibía la génesis y la diversidad de la vida con un nivel de complejidad incapaz de ser desvelado por simples procesos mecánicos. Sin embargo, el insigne evolucionista alemán, Ernst Haeckel, propuso a Darwin como ese Newton juzgado imposible por Kant.

Según subrayan Levins y Lewontin (1985), entre la revolución de Newton y la de Darwin existen diferencias cruciales. En la revolución newtoniana las idealizaciones juegan un papel central y esencial. Las relaciones entre objetos se conciben “en condiciones ideales”, donde los objetos se aíslan virtualmente para su análisis de agencias y fuerzas, insoslayables en la vida real, pero ignorados en el mecanicismo. Por el contrario, los objetos de estudio del darwinismo son cosas reales, variables, coexistiendo en interacciones críticas, de vida o muerte, en un mundo real y hostil. No obstante, Brooks y Wiley (1988) consideran que Darwin, con la selección natural, movió a la biología dentro de un marco newtoniano. Este criterio es también indudable, pues en sentido general se discierne a la selección natural en términos de *mecanismo*.

Desde esta perspectiva, la Selección Natural es un mecanismo básico para explicar la génesis de la diversidad de la vida y la adaptación de los organismos a sus ambientes. Darwin recibió inspiración de las ideas del economista británico Thomas R. Malthus (1766-1834), quien justificaba la lucha por la existencia de los individuos en la sociedad, debido al aumento geométrico de la población, mientras el incremento en la producción de recursos es aritmético o lineal. Por lo tanto, no se

debería facilitar en demasía (o tal vez en lo más mínimo) la reproducción ni el bienestar de los individuos menos favorecidos por la sociedad. Darwin se nutrió también del pensamiento de Herbert Spencer (1820-1903), especie de sociólogo teórico muy entusiasta con relación a la evolución, y acuñador de la frase “supervivencia del más apto”. El propio Darwin equipara, en el Capítulo IV del *Origen de las Especies*, a la selección natural con el proceso de supervivencia del más apto.

Darwin veía una abrumadora analogía aparente entre los procesos inferidos por estos pensadores en el ámbito de lo social, con los que él mismo observaba en la Naturaleza. La gran generalidad de los organismos producía una descendencia muy numerosa, incluso, pasmosamente abundante en muchos casos, pero muy pocos llegaban al estado adulto y menos aún generaban progenie. La inmensa mayoría de la descendencia perecía con prontitud debido a causas múltiples, ya fuera mediante la acción de depredadores, incapacidad de encontrar alimento o refugio, imposibilidad de arrostrar fluctuaciones del ambiente, muerte de los progenitores, abatidos por enfermedades, defectos físicos invalidantes o malformaciones congénitas o, simplemente, por puro accidente. Los que llegaban a adultos podrían perecer antes de reproducirse por algunas de aquellas mismas causas. Otros no serían capaces de reproducirse por no encontrar pareja, infertilidad o cualquier otro motivo. Sólo los triunfadores de múltiples luchas por la supervivencia constante, a partir del momento justo en que percibían la luz por primera vez (o la oscuridad, en dependencia del hábitat natal), llegaban a procrear más individuos para la próxima generación.

Resultaba obvio que estos luchadores victoriosos tenían que ser los más aptos, ¿pero qué los hacía más aptos? Era necesaria la existencia y el accionar de algún principio, de algún mecanismo, de alguna causa eficiente. Escuchemos las reflexiones al respecto del propio Darwin: “He denominado este principio (la lucha por la existencia), por el cual toda variación, no importa lo ligera que parezca,

se conserva si es de utilidad a los individuos, el principio de la Selección Natural”. Darwin también precisó: “Uso el término Lucha por la Existencia en un sentido amplio y metafórico, incluyendo la dependencia de un ser sobre otro, e incluyendo (lo cual es más importante) no sólo la vida del individuo, sino su éxito en dejar progenie...La selección natural... lo único que implica es la preservación de las variaciones según se manifiestan y según resultan favorables al individuo en sus condiciones de vida....Lo mío es la teoría de la descendencia con modificación, mediante variación y selección natural”. Por otra parte, Darwin consideró que “la selección natural ha sido el más importante, aunque no el único, medio de modificación”.

Nietzsche (1889 en 2003b) discrepaba de la visión estereotipada de Darwin, y expresaba una opinión para nada discrepante con un enfoque contemporáneo. “Me parece que la famosa 'lucha por la vida' es más una afirmación que algo demostrado. Sucede, pero como excepción; la vida como un todo *no es* un estado de crisis o hambre, sino más bien una riqueza, una exuberancia, incluso una extravagancia absurda. Cuando se lucha, se lucha por el *poder*. No se debe confundir a Malthus con la naturaleza. Pero en el supuesto que ocurra la lucha por la vida lo que en realidad sucede, el resultado es lamentablemente opuesto al que pretende la escuela de Darwin, opuesto a lo que tal vez sería de desear: en perjuicio de los fuertes, de los privilegiados, de las excepciones afortunadas. Las especies *no* van adquiriendo una mayor perfección: los débiles, por ser más numerosos y *más ingeniosos*, dominan una y otra vez a los fuertes.... Darwin se olvidó del ingenio (eso es muy inglés), y *los débiles tienen más ingenio*. Hay que necesitar ingenio para culminar teniéndolo; en cuanto ya no se le necesita, se le pierde. Quien tiene fortaleza prescinde del ingenio”.

Ryan (2002) comenta acerca de la inversión de este principio en la ideología social. La “supervivencia del más apto” estribaba, sobre todo, en la habilidad de producir descendencia. Así, los progenitores humanos desprovistos socialmente y muy bajos en la escala victoriana, pero productores de numerosos hijos, serían, con el más legítimo de los derechos, los más aptos, mucho más que los miembros de

familias pudientes, pulcras y cultivadas socialmente; pero no tan prolíferas. Por supuesto, este panorama debía ser volteado de manera radical. Los más aptos socialmente no serían entonces los que más descendencia engendraban, sino los que más herencia económica legaban. Este nuevo panorama estaba enajenado de lo postulado para la naturaleza; pero ello no pareció molestar a nadie, y así se invirtieron de tal modo en la dimensión social las ideas de Darwin incluyendo su propio aporte- respecto a la naturaleza, que hasta el mismo Adolf Hitler no dudó en proferir, “es la lucha por la existencia la que produce la selección de los más aptos”. Donde los más aptos, desde luego, eran los arios.

Con la obra de Darwin y su colosal repercusión, la realidad de la evolución natural de la vida es aceptada en todo el ámbito de la ciencia y la cultura a nivel de metateoría universal. Sin embargo, en su obra magna, *El Origen de las Especies*, Darwin jamás menciona el término *evolución*, excepto en su antológico final, exactamente con la última palabra. Este pasaje aparenta ser una conciliación entre ciencia y fe religiosa, y lo citamos tal y como aparece en ediciones posteriores, donde Darwin le agregó la frase subrayada: “Hay grandeza en esta visión de la vida, con sus poderes disímiles, habiendo sido originalmente insuflados *por el Creador* en unas pocas formas o exclusivamente en una; y todo ello, mientras este planeta ha estado orbitando de acuerdo a la inmutable ley de gravedad, de un comienzo tan sencillo hasta formas infinitas, la cual más hermosa y más maravillosa que han sido, y están siendo, *evolucionadas*”.²⁶

Darwin legó el concepto de un mecanismo selectivo, auto-mantenido a partir de las variaciones más adecuadas para la supervivencia de los organismos. También dejó el problema de explicar el origen y la renovación de esas variaciones. Si las variaciones ya están ahí, y la selección no las produce, sino, sencillamente, las escoge, entonces se incurría en el contrasentido del agotamiento de la selección por sí misma, a menos que la variación fuera una gran reserva intrínseca desde el mismo origen de la vida. Y de igual modo soslayó el problema de la herencia, del cómo se transmitían las características favorables. Por su parte, Mayr (1992) puntualizó que

la *teoría de la evolución*, resulta, verdaderamente, un cuerpo diverso de teorías relacionadas:

- Concepto general de evolución.
- Descendencia común de la vida a partir de un antecesor único.
- Diversidad como consecuencia de la especiación.
- Cambio gradual evolucionario como paradigma opuesto a la idea de cambios súbitos.
- Selección natural -y su variante, selección sexual- actuando sobre variación genética.
-

Según Gould, bajo la perspectiva clásica el organismo es el *locus* causal del mecanismo. El organismo es la agencia; la selección natural representa la *fuera primaria creativa de novedades en la evolución*. Esa es la causa eficiente, corporeizada en un mecanismo ambiental, externo al organismo; por lo que es también una típica perspectiva cartesiana, dualista. Esta visión es también reduccionista, al extrapolar los procesos de microevolución para explicar los grandes patrones y tendencias de la vida. Todo este cuadro está errado, asegura Gould, pues existen jerarquías en los procesos selectivos, debido a la adecuación emergente a niveles superiores. Debido a ello, no es posible la existencia de un *locus* único de causalidad. El neodarwinismo es, básicamente, una teoría del cambio por acumulación de mutaciones y divergencia a partir de un patrón ancestral mediante reorganización del genoma, supervisado y dirigido por la selección. La selección es al mismo tiempo un proceso de equilibrio y de génesis, al permitir la realización de los cambios acumulados por mutación y recombinación. Por su parte, Salthe (1996) califica al Neodarwinismo de discurso de desarrollo en equilibrio; no de evolución; sólo cuando las condiciones de límite externo cambian, el sistema se mueve a un nuevo equilibrio.

Evolución, del latín *evolvere*, significa “desenrollar”. Si algo es desenrollado, no resulta descabellado suponer, porque conocemos las condiciones

de inicio, que es esperado un determinado resultado final. El término era también asociado con transformación o transmutación, ideas típicas del pensamiento evolucionista pre-darwiniano. La selección natural es un proceso de filtración de variantes ya existentes, de incrementar la proporción de ciertas variantes en detrimento de otras. Es una teoría *variacional*, incongruente por completo con la visión transformacional de la época victoriana. ¿Habría por ello eludido Darwin hasta el mismísimo final la palabra evolución en su *opus magna*? Es evidente que la evolución significaba para Darwin un proceso gradual de modificaciones continuas, transformacional y lineal. La ambigüedad salta a la vista.

Lewontin (2000) reconoce dos tipos de procesos evolucionarios: *transformacionales* y *variacionales*. Procesos transformacionales son la evolución de las estrellas y planetas, el desarrollo ontológico y la evolución orgánica, según la perspectiva transformacionista de Lamarck. En estos procesos sistémicos, el ensamble de objetos cambia en su propia holicidad, porque cada objeto en el ensamble se encuentra transitando a través de un proceso transformacional. Todos los objetos o componentes transitan a través de un proceso transformacional generalizado similar. Los objetos individuales son los *sujetos* del proceso de evolución. Cambios en los propios elementos suscitan la evolución. Si las personas en un colectivo dado se mantienen juntas en el devenir del tiempo, cada una de ellas cambia, al igual que el propio colectivo. Un ejemplo típico es la evolución transformacional de colectivos de personas a través de la enseñanza primaria, secundaria y superior. El cambio es generado por fuerzas internas; el cambio en el ensamble de componentes es un desarrollo de estados inmanentes. El elemento desarrolla, o despliega, un patrón determinado. Cada estado es la precondition del siguiente. La descripción del ensamble en el espacio de estado cambiará porque cada objeto se encuentra sufriendo el mismo proceso de desarrollo, y emergen cambios globales, que son consecuencias de los cambios individuales.

En la evolución variacional, el ensamble cambia su posición. La nube de puntos, representados por los componentes, cambia su posición en el espacio de

estado, no porque cada componente esté sufriendo un movimiento en su espacio de estado, sino el ensamble, en sí mismo, varía en contenido, al ser formado por individuos con propiedades diferentes. El ensamble o colectivo cambia sus propiedades, porque hay un cambio en las proporciones relativas de los diferentes componentes. Este es el principio general de la selección natural, donde se tiene una población de organismos con características diferentes unas de las otras; entonces ocurre algún proceso que cambia proporciones de algunas propiedades, las cuales enriquece en relación con las restantes. De este modo, el ensamble en sí mismo cambia en el espacio. Cada componente, por supuesto, puede sufrir un proceso transformacional, pero este queda subsumido dentro el proceso emergente, el variacional, el cambio estadístico de proporciones de cualidades.

En muchos procesos es difícil precisar cuál tipo de evolución predomina, o si en realidad son una mezcla compleja de ambos. En la visión pre-darwiniana, la evolución orgánica era un proceso transformacional (Lewontin y Morrone, 2003). Por lo tanto, una de las contribuciones más novedosas de Darwin fue la de otorgarle a la evolución orgánica la cualidad de proceso variacional, de cambios en las proporciones relativas de tipos ya existentes previamente dentro del ensamble de organismos. Y por supuesto, el de proponer un mecanismo primario para el cambio, la selección natural. Pero examinemos otras perspectivas.

UNA PERSPECTIVA INFODINÁMICA DE LA EVOLUCIÓN

Consustancial con el nivel más fundamental de distinción entre vida y no-vida está la respuesta a diferencias (Hoffmeyer y Emmeche, 1991). La discriminación de diferencias es la quintaesencia de la vida, del proceso de la cognición. Esta respuesta implica una selección de signos; de percibir *información*. La *información* es la diferencia que hace la diferencia (Bateson, 1982). Para Sulis (2004), la información es cualquier agencia capaz de afectar las características o

comportamiento de otras agencias. La información influye el curso de los eventos, pero no necesariamente los causa. Los seres vivos no sólo responden a diferencias, sino *seleccionan* cuales dimensiones del ambiente les resultan informativas para responder a ellas (Hoffmeyer y Emmeche, 1991; Capra, 2002). Todo ser vivo contiene las distinciones necesarias para su propia identificación como sistema. Con esta autorreferencialidad, el sistema debe ser capaz de construir una descripción de sí mismo. Un ser vivo es un sistema autorreferencial, capaz de reconocerse a sí mismo del ambiente (lo cual no implica un proceso consciente necesariamente) y de interpretar signos del ambiente, percibidos a través de su propia autoorganización y estructura.

Los organismos incorporan la dimensión de “información de instrucción” (Brooks y Wiley, 1988). Esta información es interna, autorreferencial, no depende del ambiente. Los organismos son abiertos en cuanto al intercambio de materia y energía, pero clausurados en cuanto al intercambio de información. No es necesario un intercambio continuo de información de instrucción para mantener su estabilidad, pero sí es necesario un intercambio continuo de materia y energía para sobrevivir. El flujo de información que “instruye” cómo debe mantenerse la organización y la estructura de un organismo es un proceso discreto, de diferenciación e individuación, es clausurado. Por ello ha sido posible, y continúa siendo posible, la existencia de decenas de millones de formas distintas de organismos. Por el contrario, el flujo de materia y energía para el mantenimiento de cualquier tipo de estructura disipativa es universal y necesariamente abierto. Brooks y Wiley resaltan que el ambiente no suministra directamente información de instrucción a un organismo, aunque puede ocasionar cambios en la misma.

En el criterio de Salthe (1996), los seres vivos son estructuras disipativas, no exclusivamente de energía, sino de *forma* y de *información*, y le llama a esta perspectiva termodinámica-semiótica, *infodinámica*. El mundo de lo no vivo es el mundo de las fuerzas y agencias físicas y químicas. Una piedra es afectada por fuerzas e impactos, pero no responde a diferencias, no tiene una conducta para

eludir o minimizar estas fuerzas ejercidas sobre ella. La piedra responde a diferencias entre su estructura y gradientes o perturbaciones externas a través de causas eficientes externas. Ante gradientes muy bruscos de temperatura, las piedras simplemente estallan. Los organismos reaccionan a estos gradientes minimizándolos, mediante combinaciones complejas de conductas y fisiologías.

Wagensberg (2000) consigna que la información es la magnitud controladora del intercambio de materia y energía. El flujo de información es tan primario como lo es el flujo de materia y energía. Los sistemas vivientes, mediante este flujo de información, son capaces de construir una representación del mundo, y mediante sus conductas y sus procesos fisiológicos reducen los gradientes hostiles de materia y energía. Los procesos de información contienen y generan sentido (Sulis, 2004). La vida, entonces, introduce tres nuevas dimensiones en el universo: la *autopoiesis*, y consustancial con ella, la *ecopoiesis*, la generación de ambientes coevolucionarios y, en adición, la dimensión de la *información*, que es la quintaesencia de la cognición, del proceso vital, y con la cognición, emerge el horizonte del *sentido*, que se sublima en esos sofisticados y ultracomplejos sistemas de génesis y transferencia de información y sentido que son las socio-culturas humanas.

Según aducen Margulis y Sagan, la vida se organiza en respuesta a un gradiente. La vida es un sistema de reducir gradientes, al igual que lo hacen otros sistemas no-vivos; pero los sistemas vivientes son mucho más eficientes. La naturaleza “aborrece el vacío” de los gradientes, del equilibrio congelado, y la vida es un sistema de máxima eficiencia en la reducción de este vacío, en el alejamiento del equilibrio termodinámico. Por ejemplo, los bosques tropicales, paradigmas de sistemas diversos y complejos, son muy eficientes reductores de gradientes. El aire por encima de estos paisajes es mucho más “fresco” y sufre menos oscilaciones de temperatura que el aire por encima de una pradera o de un desierto. Margulis y Sagan contradicen a Kauffman (2000), quién plantea la necesidad de concebir una cuarta ley de la termodinámica para nuestra comprensión de una biosfera en expansión y co-constructiva de sí misma. Con los imperativos de la segunda ley es

suficiente, declaran Margulis y Sagan, debido a que los sistemas vivos siempre fluyen para reducir gradientes. Una consecuencia de ello es la propia expansión de la vida. Nos organizamos por la energía y materia que constantemente fluye a través de nuestros cuerpos. A lo que habría que añadir, por el constante acoplamiento estructural inducido por el flujo de información.

Para Salthe, la organización de los sistemas vivientes es un resultado de actividades relacionadas con “puntos de vistas” de los sistemas. Un “punto de vista” es una metáfora para el sentido, que a su vez sólo tiene sentido en el dominio existencial de un *ego*. Un ego es un tipo particular de sistema individualizado, es un individuo capaz de crear información a partir de los signos de otros egos, o de los eventos de lo no-vivo, así como de emitir signos, información en potencia. Un ego es un individuo vivo, o un componente vivo de un individuo jerárquico y heterárquico, como una célula en un organismo multicelular. Un ego es un sistema que colecta algo de su propia cascada* de acciones. El ego autogenera así una representación autorreferencial del mundo, de las diferencias que hacen para él la diferencia, de su adecuación al ambiente que él co-construye, pues a la vez es componente y ambiente para otros, en interacción con otros individuos y el mundo no-vivo. El ego se adecua a la información que percibe mediante cambios estructurales, pero al mismo tiempo modifica la red local de información a través de su propia actividad individual, a través de su agencia. Todo ego es una *organización propagativa* que de manera inevitable interfiere *con*, y es interferido *por*, las otras entidades del mundo y por la estructura, organización y las fuerzas del mundo.

La especificidad del desarrollo es semiótica, afirma Salthe. El desarrollo es semiótico porque la existencia de los organismos transcurre embebida literalmente en un universo de símbolos, de interpretación de signos en el propio interior del

*Una cascada es una expansión espontánea en el espacio de fase, ilustra Salthe, cómo en la difusión de una sustancia de una zona de mayor concentración a una de menor concentración de sí misma. Sin embargo, cada ego realiza ciclos de trabajo, incorporando materia y energía. A través de este ciclo, el ego retiene, “colecta” algo de sus propias acciones para su auto-mantenimiento, la cascada no se disipa por completo.

organismo, desde el organismo hacia el entorno y desde el entorno hacia el organismo. La biosfera también constituye una *semiosfera*; es una red de significación y comunicación (Hoffmeyer, 1998). Una red mínima semiótica conforma una triada: 1. El vehículo del signo o signo-vehículo, por ejemplo, ondas de luz. 2. El objeto al cual se refiere, que es un objeto que emita o refleje la luz. 3. El interpretante* o sistema perceptual que capta la luz y es capaz de actualizar una diferencia que haga la diferencia, y para el cual la discriminación de luz y de colores sea posible. De no ser así, la cualidad de color de la luz no resulta informativa (Fig. 4.1)

Lo anterior es posible integrarlo con una triada sistémica, desde la perspectiva de un organismo en su ambiente. Tomemos la propuesta de Salthe

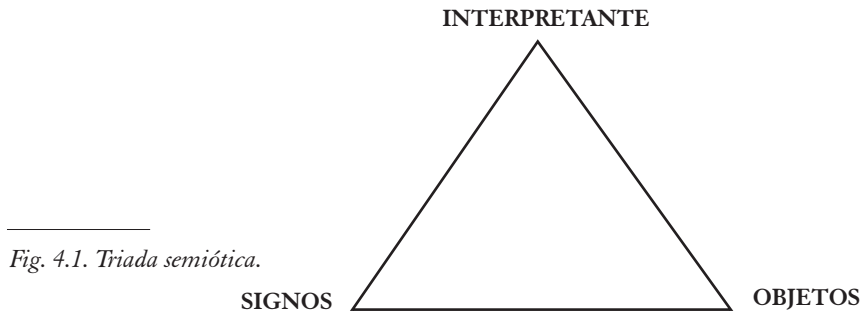


Fig. 4.1. Triada semiótica.

* Según Humberto Eco (*La estructura ausente. Introducción a la semiótica (Libros en la Red)*), es posible definir al interpretante como otra representación que se refiere al mismo objeto. Es el significado de un significante ostentado por medio de otro significante para demostrar su independencia (en este caso como organismo individual) del primer significante. Para determinar lo que es el interpretante de un signo, hay que denominarlo con otro signo, el cual a su vez tiene un interpretante denominable por otro signo, y así sucesivamente. Aquí se produciría un proceso de semiosis ilimitada que, aunque sea una paradoja, es la única garantía para el establecimiento de un sistema semiótico capaz de dar cuenta de sí mismo solamente con sus propios medios. En tal caso, el lenguaje (o el sentido de cualquier flujo de información) sería un sistema que se aclara por sí mismo... Esta circularidad continua puede parecer desesperante, pero es la condición normal de la comunicación. Es decir, que la interpretación de la información conforma un bucle recursivo autorreferencial, clausurado y autosuficiente momento por momento, pero al mismo tiempo abierto y disipativo, exo-referencial, para admitir el intercambio de información. Es por ello que la paradoja de Gödel no es aplicable.

(1996): 1. Nivel focal, el cual es el nivel entre los signos y el intérprete. 2. Nivel subyacente o mundo interior, que es materializado en la organización y estructura del intérprete, cuyas conexiones lo predispone para captar y seleccionar ciertas clases de signos, pero no otros. A la vez que se construye información, también se construye no-información, y con ello, una representación idiosincrásica del mundo. 3. Nivel por encima o trascendental al focal. Incluye el mundo inmediato del intérprete y su sistema social, en el caso de los organismos sociales. Este es el contexto de representación, el *umwelt* o mundo circundante, el ámbito generador de sentido.

Cada organismo asocia objetos externos con algún significado, el cual es específico a sus hábitos (Sharov, 1999). Ese significado interno puede ser considerado la propiedad fundamental de los sistemas vivientes, la cual a su vez puede ser tomada como una definición de vida. Los “objetos” no tienen que ser cosas sólidas cuyas señales son percibidas a través de órganos de los sentidos. Las plantas reaccionan a la luz y a la humedad del suelo, las bacterias a gradientes químicos y los virus a la composición bioquímica de sus células hospederas. Capra (2002) enfatiza que en esa capacidad de acoplamiento estructural radica la “mente”, la cognición, la cual identifica como el proceso de la vida. La cognición es un proceso semiótico, de seleccionar, procesar, emitir, en fin, de intercambiar información y realizar los acoplamientos estructurales correspondientes. Y esos procesos condicionan el *umwelt* de los organismos.

Las interpretaciones de conductas son fenómenos típicamente semióticos y de un elevado valor de supervivencia. La interpretación adecuada de conductas de apareamiento, o de simulacros de agresión entre individuos de la misma especie, pueden evitar encuentros físicos violentos, al seleccionar el interpretante la acción más coherente en cada momento. La interpretación por parte de presas potenciales de las conductas de sus posibles depredadores es de igual modo vital. Todas ellas tienen un alto contenido informativo, por su gran especificidad y, además, son esenciales para la supervivencia y la reproducción. Una gacela se percata cuando un

grupo de leones reposa ahído y somnoliento o cuando el grupo anda de cacería. De no ser capaces de interpretar estas señales, los herbívoros gastarían enormes cantidades de energía en huidas constantes e innecesarias, o colapsarían de puro stress nervioso. En consecuencia, seleccionan si resulta más adecuado emprender una huida oportuna o continuar paciendo con toda parsimonia.

Charles Peirce nominó a los componentes de una triada “primeros”, “segundos” y “terceros”. Lo *primero* es la concepción del ser independientemente de todo lo demás. Lo *segundo* es la concepción del siendo relativo a, de reaccionar con, algo más. Lo *tercero* es la concepción de mediación, lo definatorio que un *primero* y un *segundo* sean enlazados en una relación. En la terminología de Salthe,^{*} los *primeros* son las entidades autoorganizadas. Los *segundos* son las cosas que interfieren, la interacción. El *tercero* es el lugar, o espacio de fase, donde el sistema interacciona, el contexto. Los *primeros* (organismos) inquieren el mundo por medio de *segundos* (entidades o fenómenos que constituyen signos para el primero) y descubren los *terceros* (entorno que es co-construido por el organismo y el ambiente) dentro de los cuales existen como un resultado. Lo *segundo* debe ser históricamente primario; lo *primero* emerge a través de lo *segundo*; pero no puede ser realizado sin la comprensión de algo *tercero* en el proceso.

Los signos (segundos) son representaciones de actualidad (primeros) que necesitan un intérprete en el mundo (tercero). Así, un individuo (primero) capta signos (segundos) embebido en un sistema que permite la interpretación (tercero). Es por la estructura triádica y semiótica del mundo que ningún individuo es independiente, y toda autorreferencialidad es a la vez exo-referencial. Cada *ego* vive embebido en un sistema de *alter-ego* (en cuánto a otras entidades de la misma clase) y *ego-alter* (en cuánto a otras entidades de otras clases). Así, queda establecida una red de redes de semiosis y disipación de energía, que se co-construye a través de procesos autopoiéticos y ecopoiéticos.

^{*}*Ideas entre paréntesis son interpretaciones nuestras.*

Los fenómenos semióticos son también concebibles en-actuando dentro de una multicausalidad interaccional. En el criterio de Salthe, las interacciones son las *causas materiales o primeros*. Los *segundos o signos* son las *causas eficientes*, mientras las *causas formales y finales* son *terceros*. Es decir, que al seguir la misma estructura triádica tenemos: 1. Las causas materiales residen en la autoorganización, en el ego. 2. Las causas eficientes son los signos, las interacciones que estimulan en la entidad viviente los cambios estructurales, las adaptaciones, la conducta. Las causas eficientes disparan, detienen o desvían señales, procesos. 3. Las causas finales impelen procesos hacia el futuro. Estas últimas causas son interpretadas como la culminación del desarrollo de una entidad en un contexto específico y residen en la red ambiental del entorno. La causa final de un organismo, propone Salthe, es el “querer” persistir, lo cual es congruente con lo expresado por Morin (1993) (ver Capítulo 3). La acción de causas formales es típicamente compleja. Son agencias heterárquicas, al residir tanto en lo material, en lo interno de las entidades, como en el entorno, en el contexto dentro del cual se encuentra embebida la entidad. Estas causas tienen que ver con constreñimientos de estructura y organización, de interacciones (Fig. 4.2).

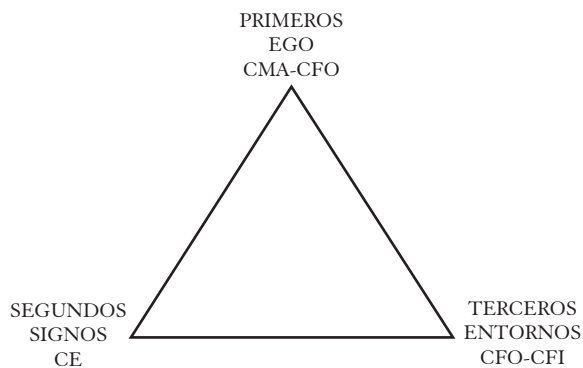


Fig. 4.2. Esta triada semiótica representa una integración de las diferentes perspectivas aludidas en el texto. Causas materiales (CMA), causas eficientes (CE), causas formales (CFO), causas finales (CFI).

Las causas formales y materiales se encuentran estrechamente interaccionando, en-actuando, porque es en la misma totalidad emergente donde residen constreñimientos formales en cuanto a la expresión de la estructura y organización de la entidad. Pensemos, por ejemplo, en el desarrollo embrionario o en el de diversas estructuras. En las causas finales ocurre un bucle recursivo, virtuoso, con las causas materiales que posibilitan el desarrollo. Las causas formales son filtrantes, existen en todos los niveles. Esto es una diferencia tajante con la causalidad aristotélica, donde se observa una secuencia lineal, no bucles recursivos dinámicos y contextuales. Si a estas abstracciones las ubicamos en una dimensión espacio-temporal, entonces, propone Salthe, las causas materiales y formales sería *sincrónicas* (interaccionan y en-accionan momento por momento) y las causas eficientes y finales pertenecerían básicamente a una dimensión *diacrónica* (su acción y efectos son perceptibles en el devenir del tiempo). No existe contradicción, sino complemento, entre el enfoque más bien ecológico sobre la multicausalidad, esbozado en el Capítulo 3, y el sugerido aquí, desde una perspectiva semiótica. En estos enfoques es posible nuevamente sugerir (en coincidencia con Dent, 2002) que *la interacción es la propia unidad de análisis*.

Para Inmanuel Kant, un ser organizado no era “una simple máquina, pues eso tiene meramente poder de *movimiento*, sino posee en sí mismo poder *formativo* de una clase auto-propagativa la cual comunica a sus materiales, aunque ellos no lo tienen por sí mismos; los organiza, de hecho, y esto no puede ser explicado por la mera facultad mecánica de movimiento”. Sin posibilidad de eludir el paradigma aristotélico de la auto-causalidad prohibitiva, Kant, según nos referimos en el Capítulo 1, albergaba en su lúcida mente la idea que los seres vivos no eran ensamblajes mecánicos. Los seres vivos se autoorganizaban, y esta sola imagen era en sí misma un tremendo desafío a la imperante mentalidad cartesiana-newtoniana. Y no sólo se autoorganizaban de alguna manera en cuanto a puro movimiento, sino también eran organizaciones autogenerativas y propagativas de *forma*. Y recordemos también a Aristóteles, respecto a su decir de la forma dentro

del ámbito de la *complejidad*. De hecho, el vocablo informar viene de *informare*, de “llevar algo a forma”.

Desde la perspectiva semiótica, un sistema viviente está estructurado, según Cameron (2001), por un *sistema interno* que describe la entidad *qua* entidad (información genética y relaciones específicas de organización y estructura), y además por un *sistema externo*, que describe a la entidad en términos de sus interacciones con el ambiente. Es evidente que la primera descripción insinúa los procesos autopoieticos, mientras la segunda descripción evoca la ecoipoiesis, a la conformación de la unidad entidad-entorno, y a su capacidad como agente intencional. La identidad de un sistema complejo incluye la dinámica de sus procesos internos y las interacciones sistema-entorno (Juarrero, 2002). La identidad de todo organismo involucra de igual modo su condición de *agente autónomo*. Estas entidades son capaces de actuar para su propio beneficio en un ambiente dado (Kauffman, 2000).

En una idea recursiva con la reflexión kantiana, Kauffman esgrime que estos agentes autónomos son “organizaciones propagativas”. Ello significa que estos agentes construyen más de sí mismos, pero también lo interpretamos en el sentido que los agentes son capaces de expandir su propio espacio de estado. Actuar en “su propio beneficio” no implica necesariamente un sentido consciente, sino una consecuencia del flujo de energía e información que produce un trabajo mediante el cual, espontáneamente, la entidad mantiene su estructura y organización para perdurar en su entorno. Ello necesita de una organización capaz de interpretar señales como información selectiva y de una estructura capaz de cambiar o reestructurarse acopladamente en consecuencia.

De acuerdo con Kauffman, un agente autónomo es un sistema molecular en no-equilibrio que actúa para su propio beneficio en un ambiente dado, constituyendo un sistema auto-replicante capaz de llevar a cabo al menos un ciclo termodinámico, de realizar trabajo. Son sistemas auto-replicantes que co-construyen y propagan organizaciones de trabajo de constricciones específicas,

autorreferenciales. Es un sistema que propaga alguna nueva unión de materia, energía, construcción, registro, información y trabajo. Estos sistemas poseen el *saber cómo*, el cómo hacer una manera de vivir. A este “saber”, Kauffman lo cataloga no de *una proposición sobre el mundo*, sino de un *procedimiento para estar en el mundo*. La biosfera se co-construye a sí misma por la persistente emergencia y coevolución de agentes autónomos. No es posible preestablecer la “configuración de espacio” de una biosfera, pero sí es posible hacerlo con muchos fenómenos físicos, donde, una vez conocidas las condiciones de inicio y de límite, se pueden preestablecer, predecir, consecuencias finales, relaciones de causa-efecto lineales.

La biosfera expande la diversidad de lo que “puede pasar a continuación” o lo *adyacente posible*, metaforiza Kauffman. Lo adyacente posible parece determinista en retrospectiva, pero es por completo impredecible en actualidad. Sólo percibimos una tendencia irrefrenable de lo vivo por ampliar sus espacios de estados, de coevolucionar, de literalmente “explotar”²⁷ en una fantástica diversidad de tipos moleculares, de entidades disipadoras de información, alejadas del equilibrio termodinámico e informacional. El no-equilibrio materializa lo adyacente posible, lo que se encuentra un paso más allá de lo actual. No es posible preestablecer insiste Kauffman- la “configuración de espacio” de una biosfera. Lo adyacente posible es la potencialidad inmanente actualizada en contextos espaciales y temporales específicos, en condiciones de redes de redes de interacción material y de información concretas, coevolucionarias. No existen enunciados, ni en la física ni en la biología actual, capaces de preestablecer lo-que-va-a-pasar-a-continuación. Así, los sistemas vivientes poseen una dinámica que *desea* fluir hacia lo adyacente posible, llevados a esta condición por imperativos termodinámicos e informacionales, por los gradientes de la *infodinámica* de lo vivo.

Desde estas perspectivas, una entidad es un ser vivo si es una entidad autónoma que requiere de la autopoiesis para su autoorganización, y además posee la capacidad de ser una agencia intencional para su mantenimiento en el espacio en un mundo contingente y azaroso (Cameron, 2001). Sigamos esta idea. Cameron

explica (ver Capítulo 2) que una entidad está viva si ejerce un efecto sobre el mundo o, al menos, sobre la sección del mundo donde la entidad se desarrolla. Este efecto sobre el mundo es *intencional*, porque es basado en el sentido que para la entidad tiene su accionar. Su enfoque es semiótico, pues para existir intencionalidad es necesario un sentido, un sistema interpretativo de señales. Un agente cambia al mundo en el sentido de que su acción es necesaria para la actualización de su *ser*. En ello radica su intencionalidad, la acción se realiza por la entidad, desde la entidad y para la entidad, como una consecuencia del desarrollo de sus procesos autopoiéticos y ecopoiéticos, del registro, interpretación y emisión de información.

La agencia (la huella de un agente) es una entidad activa en un ambiente, es una trayectoria infodinámica. La cualidad de una agencia, puntualiza Salthe, es el dejar trazas de su individualidad en el mundo. Un sistema autoorganizado construye su agencia (individualización) a través del desarrollo. Un adulto deja más huella en el mundo que un embrión y un huracán categoría 5, por el hecho de estar más desarrollado como huracán, tiene una agencia más marcada sobre el mundo que una tormenta tropical. En los seres vivos, la acción de la entidad, su agencia, es perceptual e intencional; es un proceso cognitivo. Según Cameron, la intencionalidad es acerca de estados del mundo para la entidad. Es un proceso representacional, semiótico, cognitivo. Un proceso cognitivo es un proceso causal por el cual la percepción cambia la representación que sobre el mundo tiene la entidad en un momento dado; estos cambios disparan acciones que son intencionales para la entidad. La percepción son procesos por los cuales la entidad *rastrea* al mundo. La percepción no requiere de órganos especializados, ni tampoco la cognición, que emerge consustancialmente con la propia vida. Para reconocer en una entidad un ser vivo, su autonomía debe ser explicable en términos de la organización clausurada de la autopóiesis, y su conducta descrita en términos del sistema abierto de la agencia, en su interacción con el mundo, concluye Cameron.

Desde este punto de vista, el caso de los virus es muy interesante. Por ejemplo, Gould (2002) no considera seres vivos a los virus, sino parásitos

bioquímicos. Capra (2002) tampoco los estima sistemas vivientes, porque carecen de metabolismo y son únicamente un sistema autoorganizado sobre la base de ciertas proteínas y ácidos nucleicos. En su opinión, los virus serían meros mensajes bioquímicos que necesitan del metabolismo de una célula para producir nuevos virus. En el criterio de Capra, los virus son robots que ensamblan otros robots con partes construidas por otras máquinas (las células). Por consiguiente, si los virus no son capaces de sintetizar sus componentes a partir de su ambiente, entonces no podrían considerarse seres vivos. Las nuevas partículas virales, prosigue Capra, no son construidas dentro de los límites estructurales de los virus en sí mismos, sino en su exterior, dentro de la célula huésped. Margulis y Sagan (2002) también los excluyen de los seres vivientes, debido a su incapacidad de producir sus propios genes y proteínas.

Capra describe acertadamente la acción de un robot, o el de cualquier fábrica humana, entidades “alopoiéticas” legítimas, desde el momento que construyen o producen a partir de lo hecho por otros. Además, son mecanismos ensamblados bajo un diseño previo, también alóctono. Los mecanismos contruidos por los seres humanos no realizan “póiesis”, sino “praxis”. No vemos contradicción en que los virus realicen su póiesis a partir del genoma de las células huésped; es sólo una cuestión de técnica. La autopoiesis implica producción de sí mismos con sus propios componentes internos, mediante la disipación de energía e información. Sin embargo, póiesis es, ante todo, *creatio*, lo cual hacen los virus, pues a partir de la materia prima ajena recrean su propio genoma. Tal vez, para los efectos prácticos, el *auto* sea redundante (ver nota 15). En contraste, la acción de otras entidades autoorganizadas no es intencional respecto a ellas mismas. Un huracán no “selecciona” su paso sobre el océano, un desierto, un campo cultivado o una montaña. Es una autoorganización incapaz de “seleccionar la diferencia” para su propio beneficio, ni de producir más de sí mismo por procesos exclusivamente internos.

Por el contrario, los virus *seleccionan* sus células huésped, responden ante

diferencias del ambiente y, de manera espectacular, pasan de una fase inerte, cristalizada, a la de una frenética producción de sí mismos. Hoffmeyer y Emmeche ven necesario que la descripción de sí mismos de los sistemas vivos debe permanecer *inactiva*, protegida de los procesos vitales del sistema; de otra manera, la descripción (pudiéramos decir, la información cristalizada o memoria del sistema) cambiaría. Estas ideas evocan un sistema viral. En los virus es factible identificar, como en cualquier otro organismo, producción de componentes autosemejantes, reorganización estructural ante la percepción de información del ambiente, y ecopoiesis, al realizarse la producción de sí mismos en un entorno ecológico específico. Ese entorno es “alumbrado” por los propios virus, al ser percibido, interpretado, seleccionado y modificado. La consecuencia de estos eventos es disparar cambios estructurales drásticos en el sistema viral, inactivo hasta ese momento.

Sharov (1999) comunica otra perspectiva: el significado del genoma viral es diferente para el virus y para la célula. Desde este punto de vista, las células no representan para los virus sus intérpretes externos; por el contrario, los virus se interpretan a sí mismos mediante el uso de los recursos de la célula. En realidad, es la célula quien malinterpreta al virus al considerarlo parte de su propio genoma. Es el virus quien legitima e impone su autorreferencialidad, mientras la célula, una entidad viva paradigmática, es la que se equivoca y asimila lo ajeno como propio. Ryan (2002) declara con vehemencia: “Los virus están tanto por tanto tan vivos como lo puedan estar una mariposa o una gran ballena azul. Los virus se encuentran tan vivos como otro ser vivo cualquiera, desde el momento en que tienen ADN o ARN, se replican, desarrollan un comportamiento complejo y específico, eluden defensas, se expanden, localizan sus huéspedes etc. Todas las leyes de la evolución se aplican a los virus. ¿Cómo pueden no estar vivos?”

Al igual que las bacterias, los virus parecen constituir una formidable fuerza evolucionaria.²⁸ Los virus se enfrascan en relaciones de simbiosis permanentes con animales y plantas y se sospecha que se encuentran en el mismo núcleo de procesos

significativos en la génesis de importantes grupos de seres vivos, incluyendo al ser humano. Los virus son agentes autónomos, agencias intencionales y co-construyen y coevolucionan en la biosfera, de manera semejante a la de cualquier otro organismo. La noción tradicional de organismo está asociada a la posesión de una membrana porosa limitante con el medio, la concurrencia tanto de ADN como de ARN en la misma entidad y de metabolismo. De manera obvia, estas cualidades están ausentes en los virus. Tal vez sea posible considerar a los virus como sistemas vivientes no organizados.

DESARROLLO Y EVOLUCIÓN

Todos los seres vivos son entidades autoorganizadas, disipadoras de energía e información, que se *desarrollan*. La disipación de información necesita del desarrollo. Salthe (1996) define al desarrollo en el sentido de *cambio predecible irreversible*, constituyendo una expresión ordenada de la *autoorganización*. La evolución sería entonces *una acumulación irreversible de información histórica*, perceptible como un *resultado de errores y perturbaciones* en los procesos de desarrollo. La evolución es el resultado de cambios alejados del equilibrio en la información del sistema -hacia un nuevo atractor infodinámico- y a su vez implica una reorganización del mismo. La evolución, para Salthe, no es un *proceso*, sino una *acumulación de registros en la información*, los cuales son resultados del desarrollo, que sí es un proceso.

Así, la macroevolución no es explicable de manera reduccionista, extrapolando los eventos microevolucionarios. La macroevolución no es un *proceso*, sino *un registro* percibido como patrones de diversificación, irradiación adaptativa y grandes extinciones o tendencias. No existe evolución sin una “cosa” que se desarrolla, y además capaz de perdurar a pesar de los “errores” generados a través de su desarrollo. La selección neutral (acumulación de errores en la

replicación del ADN sin consecuencia aparente) indica que la ocurrencia de cambios en la frecuencia de los genes no es evolución. La evolución es un cambio en la estructura lógica del código digital, porque implica reestructuraciones, la emergencia de novedades.

En palabras de Salthe, la base filosófica de la biología debe ser el desarrollo, no la evolución. El desarrollo es el proceso material de toda estructura disipativa, y en los seres vivos el desarrollo es el proceso fundamental de la autoorganización. El desarrollo está sujeto a escrutinio, a discurso sistemático; la evolución no, porque no es una cosa. El desarrollo se mueve de posibilidades o potencialidades borrosas a complicaciones explícitas. Así, el desarrollo es un sistema caótico de tipo determinista, porque su resultado final (el ser de una clase específica de organismo) sigue una secuencia básicamente predecible. No obstante, en el devenir del tiempo las emergencias se caotizan; por ello se originan nuevas especies y nuevos tipos estructurales. El desarrollo es resiliente; si es perturbado, trata de volver al mismo estado anterior, de preservar su metaestabilidad. El desarrollo es un cambio ordenado y metaestable, porque se repite en todos los *tokens* de un *tipo*²⁹ dado, guiado por robustos atractores de formas, invariantes de la evolución. Sin embargo, la evolución es el registro de una bifurcación de algún aspecto del desarrollo, de su movimiento hacia un nuevo atractor de desarrollo, hacia un nuevo espacio de estado. La evolución es la transición hacia la novedad de lo “adyacente posible”.

La evolución necesita de algún proceso material transmisor de las novedades infodinámicas. Ese proceso es la *filogenia*. Los organismos sólo tienen desarrollo, la filogenia emerge de la continuidad de la descendencia de los organismos. Y la evolución acumula los cambios emergidos durante el proceso filogenético. Filogenia y evolución se manifiestan a través de los linajes, vehículos materiales de la continuidad en el tiempo de las poblaciones que se reproducen. La filogenia es un proceso con valor predictivo: los organismos que comparten novedades evolutivas de manera exclusiva, descienden de un antecesor común (o de

varios antecesores comunes, si ha ocurrido simbiosis) también exclusivo, no compartido por otros grupos de organismos. Por supuesto, este carácter predictivo es a su vez retroactivo; sólo después que ocurre la filogénesis un observador es capaz de establecer hipótesis sobre relaciones filogenéticas. Sin embargo, la evolución no es predecible, no es posible preestablecerla. No sabemos con precisión cómo va a ser el próximo fluir hacia lo adyacente posible.

Si la evolución es consustancial con la presencia de novedades, emergentes de la filogenia, entonces el cambio evolucionario entraña discontinuidades, no eventos graduales o continuos. Vista así, la evolución es el resultado emergente de un proceso de *transformación*, no de *variación*. Los cambios variacionales representan oscilaciones metaestables de espacios de fase. La emergencia de una novedad evolutiva siempre es apreciable como discontinuidad. La percepción de la evolución no es de gradualismo ni de continuidad lineal, sino de discontinuidades y novedades. Estas reflexiones nos conducen de nuevo a discernir que el darwinismo y el neodarwinismo no nos ofrecen, básicamente, una teoría de la evolución, sino un discurso del mantenimiento de un equilibrio en el desarrollo.

Salthe precisa que una agencia tiene integridad y resiliencia; por ello es posible la existencia de cambios en los subsistemas sin que estos se desorganicen. Estos cambios representan discontinuidades, con lo cual se burla la paradoja de Zenón. Cómo los puntos de una trayectoria cualquiera son infinitos, para cambiar de un punto a otro (ampliar el espacio de estado, estabilizarse alrededor de otro atractor) no queda otro remedio sino brincar sobre los puntos. De otra manera, aseguraba Zenón, no sería posible jamás cubrir una distancia en un tiempo finito (ver nota 13), o pasar de un estado de desarrollo a otro estado nuevo. Percibimos los fenómenos por su cota dentro de ciertos límites y contextos específicos; pero los límites en los fenómenos complejos son borrosos; su resolución no está dada por la continuidad, sino por la discontinuidad. El momento exacto de las transiciones nunca es discernible; al existir un desfase entre el sistema focal y el del observador. Los signos o información que emite el fenómeno focal pierden resolución en el

intérprete, siempre existe una diferencia de escala donde los detalles se diluyen. Ninguna observación es completamente resuelta, pues sería necesario un sistema de observación de mayor resolución, y volveríamos a concurrir en la paradoja de Gödel. El desarrollo es un movimiento dinámico a la vez continuo y discontinuo, y debe aprehenderse dentro de esta dialéctica. Es una continua solución de continuidad.

El modelo de los equilibrios puntuados o discontinuos (Punctuated Equilibrium), formulado originalmente por Eldredge y Gould (1972), es congruente con el patrón de desarrollo de un sistema de comportamiento complejo (Fig. 2. 1). Darwin se lamentaba de “la imperfección del registro fósil”, la cual no permitía prácticamente en ningún caso la comprobación del origen de nuevas formas a través de un proceso continuo y gradual. Las formas transitorias eran asumidas poco abundantes y, por lo tanto, mucho menos probable de experimentar fosilización. Eldredge y Gould reflexionaron que tal vez esta “imperfección” reflejaba un patrón real. La fase de poca variación a lo largo de generaciones, o de oscilaciones alrededor de valores metaestables, estaría indicando un “éstasis” evolucionario, no en el sentido de congelamiento de cambios, sino de oscilaciones alrededor de variables fenotípicas. En un momento dado de la evolución de las poblaciones, los cambios se acumulaban de manera muy rápida y probablemente dentro de núcleos poblacionales pequeños o periféricos. De este modo, las nuevas especies aparecían de manera “brusca” y discontinua, en forma de puntuación. Este modelo, precisa Gould (2002), reversa la perspectiva del cambio constante como condición normal de una entidad evolucionaria. El cambio evolucionario se debería entonces reformular a la manera de un conjunto de episodios raros, cortos en duración respecto al período de éstasis entre ellos.

ENTRE LOS GENES Y EL AMBIENTE: EL ORGANISMO-ENTORNO

La relación material entre los genes y los procesos de desarrollo resulta, en el criterio de Sterelny (2001), “el más caliente de los tópicos calientes en la evolución”. Por su parte, Stearns (2003) ve en el tema uno de los retos que enfrentarán los biólogos del siglo XXI. Stearns también subraya el hecho, de difícil comprensión, que algunas estructuras son invariantes, no obstante el accionar de nuevas mutaciones en el organismo y de perturbaciones ambientales externas. Es decir, algunas estructuras son verdaderos *atractores* del desarrollo. Para algunos, según Sterelny, la evolución es el resultado de una guerra invisible entre linajes de genes, mientras la realidad observada de la vida es el resultado visible de esa guerra.

Tal imagen beligerante es coherente con el pensamiento de la simplicidad, donde se conceptualiza a los fenómenos en términos de dominio y de consecuencias de causas eficientes. Los genes no son las cosas por la cual los organismos existen. Los genes, ilustra Ghiselin (1987), son recursos, los cuales permiten a los organismos fabricar diversos productos. La reproducción sexual, con todas sus posibilidades de variabilidad, permite abarrotar los “mercados” con gran variedad de “mercancías”. Por su lado, Gould (2002) consigna: “Debido a que los genes son átomos, entonces la tradición reduccionista los concibe como causas primarias de explicación de fenómenos a otras escalas, sin considerar efectos emergentes, no reducibles a procesos a escalas inferiores. Los genes son un componente más de la red de redes de procesos, estructuras e información que constituyen esas organizaciones materiales que reconocemos como seres vivos”.

La imagen del “gen egoísta” o del gen como “parásito definitivo” se encuentra muy extendida. En el criterio de Margulis y Sagan (2002), “...esos términos han sido prestados de empresas humanas, de política, negocios o pensamiento social. Son errores filosóficos, falacias de lo *concreto fuera de lugar*. Un gen no puede ser 'egoísta', porque no es un *ego*, sino un fragmento de ADN que

desarrolla o codifica para una o varias funciones. El gen aislado no existe; sólo tiene sentido dentro de un organismo. El ADN forma las proteínas de la vida, pero por sí solo no puede explicar la vida. Los genes egoístas, desde que no son 'egos' en ningún sentido coherente, sólo pueden ser tomados.....como fragmentos de una imaginación superactiva. El verdadero *ego* es la célula”. La célula, sugiere Salthe, interpreta la información de los genes; pero éstos no regulan la célula. Los genes son textos de modelos del mundo para las células, los cuales ellas interpretan. Monaco (2004) desvirtúa la imagen de los genes como un programa que se va desarrollando, y los concibe un “método de procedimiento”. El “proyecto” se autoorganiza durante el desarrollo. La propia autoorganización del proceso del desarrollo lleva en sí misma su propia causalidad formal.

Al organismo, desde su autorreferencialidad sistémica, holística, le importa un miembro, pero no las células de ese miembro. Las células se encuentran *para* la agencia del miembro y éste último *para* la agencia del organismo. Los componentes existen a través de la agencia del todo. Por ello resulta incongruente admitir que los organismos existen *para* los genes. En última instancia, resulta mucho más lógico pensar lo contrario. De acuerdo con este horizonte de sentido, los genes no pueden ser deterministas, porque sólo operan en el horizonte del sentido *digital*, codificador, semejante a los libros. La interpretación y el uso de la información dependen de los interpretantes y de sus respectivos contextos. Sin libros no hay registro del pasado, de igual modo que el pasado de los organismos, de los linajes, se encuentra registrado en el texto digital genético. Sin interpretantes, la información potencial sería, según el caso, manchas de tinta inútiles o cadenas dobles de bases nitrogenadas inanimadas. La única perspectiva expeditiva para los códigos digitales es la de estar embebidos en, y ser consustanciales con, sistemas análogos, interpretantes en sus contextos específicos. Los textos, la información potencial, pueden ser manipulados y enriquecidos, y ser circulados libremente. Estos contextos, postula Salthe, son mensajes sobre mensajes; es sintaxis y redacción, lenguaje e intérprete.

Entre el ser humano y el chimpancé, verbigracia, el contenido del texto genómico es prácticamente el mismo, sólo el 2% de las proteínas estructurales son diferentes. La sugerencia implícita es que lo importante es el contexto de códigos reguladores y la diferente manera de autoorganizarse dicho código en cada linaje. Lo más relevante en una información es el contexto donde se interpreta y se actualiza. La individuación es imprescindible para el desarrollo y la evolución. La individuación es materializada por la acción de constreñimientos “desde-arriba-hacia-abajo”, consustanciales con la propia individualidad sistémica. Los genes son básicamente regulados por estos constreñimientos de la irreducible holicidad del organismo. Los genes sólo pueden ejercer una acción desde abajo-hacia-arriba. Su aparente acción individual sólo es posible por el hecho de ser componentes de un sistema-individuo; el individuo no existe sólo por el hecho de poseer genes.

Kauffman (1996) expresa: “Los sistemas complejos, visualizados como algoritmos, son su propia descripción más corta posible. O sea, no existe una vía más corta de predecir lo que un algoritmo de la complejidad va a hacer, excepto sentarse a observar su ejecución. Pero el propósito de una teoría es proporcionar una descripción más corta que la del fenómeno bajo observación. Sin embargo, los organismos son sus propias descripciones más cortas. El colapso de la doctrina de un gen para una proteína y de una dirección de flujo causal de códigos básicos hacia la totalidad elaborada, marca el fracaso del reduccionismo para el complejo sistema que llamamos biología”. De acuerdo con este argumento, no es posible tener una explicación más corta para la existencia y la conducta de un organismo que la acción del propio organismo. No es posible una explicación determinista desde un nivel inferior, de componente, tal y como sería una explicación desde el punto de vista genético y reduccionista, al ser los genes tan sólo componentes del sistema viviente.

En entrevista con Lewin (1995), Brian Goodwin declaró que el organismo es la causa y efecto de sí mismo. Los genes no *causan* los organismos. Los organismos son agentes *autocausales*; son sus propias causas, resultantes de su autoorganización dinámica alejada del equilibrio, de la acción de atractores para la

formación de órganos, de las agencias termodinámicas. El neodarwinismo concibe a los organismos como productos remendados de la mutación aleatoria y la selección natural. El desarrollo ontológico opera a través del auto-constreñimiento de la información genética de cada célula. La sensibilidad al contexto inmediato de cada célula, su posición y sus relaciones con otras células, permiten la expresión de determinada información, mientras inhibe toda la potencial restante, refrenda Johnson (2001). No existe una cadena lineal de causa-efecto; es la acción global de la dinámica del sistema de células accionando desde arriba-hacia-abajo y la expresión constreñida de la información genética de cada célula individual accionando desde abajo-hacia-arriba. La morfogénesis es el resultado de esa dinámica no-lineal de constreñimientos sensitivos contextualmente. Las células y la diferenciación celular son atractores en el repertorio de la red genómica. “La biología molecular es lo último en cuanto a reduccionismo para la comprensión de los organismos”, afirma Goodwin incisivamente.

Las transiciones morfológicas son una consecuencia del ciclo de una dinámica autoorganizada generadora de geometría, a la vez que esta geometría modifica la dinámica. Las interacciones de los componentes, cambios físicos y de concentraciones de sustancias producen formas, sin que existan genes para ello. El orden dinámico intrínseco produce determinadas formas, al margen de la utilidad funcional y la contingencia histórica. Por ejemplo, las más de 250 000 especies de plantas conocidas tienen solamente 3 modelos básicos de disposición de las hojas alrededor del tallo o patrones de filotaxis (Fig. 4.3). Estos patrones se manifiestan sin una asociación necesaria con las relaciones genealógicas de las especies. De igual modo, el espacio de fase para las formas de las hojas y sus bordes es relativamente reducido, con aproximadamente 13 tipos básicos y 8 configuraciones de bordes, respectivamente. Estas formas han sido generadas por atractores dinámicos, que “exprimen” toda una posible gama de posibilidades a fracciones pequeñísimas del posible espacio de fase de la forma. Estos atractores se repiten en diferentes grupos, con independencia de la cercanía o lejanía de sus afinidades genealógicas. Salthe le

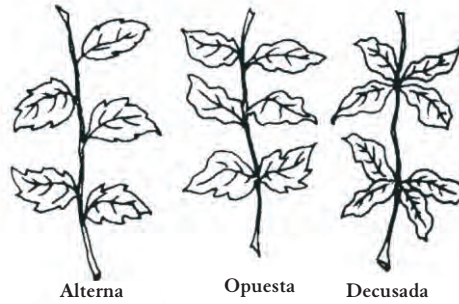


Fig. 4.3. Atractores dinámicos en la disposición de las hojas alrededor del tallo o filotaxis

llama atractores estructurales a esta dinámica epigenética generadora de morfologías estables.

El organismo es un campo organizado en el espacio y el tiempo, expresa Goodwin. La dinámica del campo genera un patrón particular de forma, que luego afecta la dinámica, lo cual se traduce en la secuencia de cambios morfológicos. Es posible describir este ciclo como un orden implícito en la dinámica que se hace explícito en la forma, lo cual luego influye en el orden implícito. La dinámica altera la forma y esta ejerce un efecto retroactivo sobre la dinámica, estabilizando los modos que la generan y creando las condiciones para la siguiente bifurcación (Fig. 4.4). La compleja estructura del ojo, según sostiene Goodwin, es el resultado de la acción de

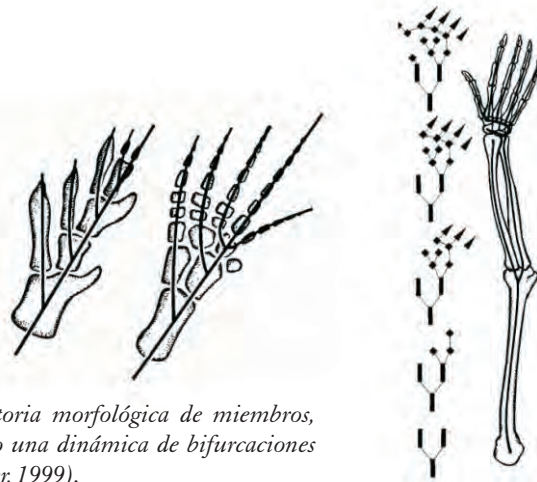


Fig. 4. 4. Trayectoria morfológica de miembros, representadas como una dinámica de bifurcaciones (tomado de Zimmer, 1999).

atractores morfogenéticos, no son el resultado de una larga selección natural. Es por esta razón que el ojo ha evolucionado más de 40 veces. En su criterio, los ojos son el producto de transformaciones

El organismo es un campo organizado en el espacio y el tiempo, expresa Goodwin. La dinámica del campo genera un patrón particular de forma, que luego afecta la dinámica, lo cual se traduce en la secuencia de cambios morfológicos. Es posible describir este ciclo como un orden implícito en la dinámica que se hace explícito en la forma, lo cual luego influye en el orden implícito. La dinámica altera la forma y esta ejerce un efecto retroactivo sobre la dinámica, estabilizando los modos que la generan y creando las condiciones para la siguiente bifurcación (Fig. 4.4). La compleja estructura del ojo, según sostiene Goodwin, es el resultado de la acción de atractores morfogenéticos, no son el resultado de una larga selección natural. Es por esta razón que el ojo ha evolucionado más de 40 veces. En su criterio, los ojos son el producto de transformaciones espaciales de alta probabilidad en los tejidos en desarrollo, no representan una estructura altamente improbable, persistente debido a su utilidad. Los experimentos de Hayashi y Carthew (2004) sugieren la existencia de una extraordinaria analogía entre las estructuras de los ojos de las moscas de frutas y la de grupos de pompas de jabón. Los mecanismos físicos de fuerzas y tensiones superficiales juegan un papel crucial en la formación del patrón biológico. De hecho, determinados patrones de sorteos de células durante el desarrollo se corresponden con el adoptado espontáneamente por líquidos inmiscibles.

Por su parte, Zimmer (1999) comenta acerca de otras características del campo morfogenético. Por ejemplo, la formación de los miembros en los vertebrados comienza cuando las células en la región de los recién formados riñones liberan señales estimulantes para otras células, las cuales se reúnen en los flancos del pequeño embrión en desarrollo. En la superficie del embrión estas células se congregan e hinchán a manera de ampollas, que representan los brotes de los futuros miembros. En el borde del brote se forma una especie de labio de tejido, llamada cresta apical ectodérmica. Si se elimina esta cresta, no se desarrolla el miembro. Por el

contrario, si se adiciona un injerto de otra cresta, se producen dígitos o miembros extras. Todas las células contienen el mismo material genético; sin embargo, al eliminar determinadas estructuras durante fases específicas del desarrollo no ocurre el término de la formación de un miembro. Ello indica que es la propia dinámica del sistema celular la responsable de la culminación del desarrollo, porque no se elimina el contenido de ADN de las células.

El campo morfogénico emerge de la interacción entre las células, de los bucles retroactivos positivos y negativos del número de células presentes, de su posición en el embrión, de la liberación de sustancias estimulantes o supresoras de la actividad, y de la forma de esta actividad. Según aleccionan Janmey y Discher (2004), “En un tejido en desarrollo u organismo conteniendo docenas o aun miles de diferentes tipos celulares, la formación de subconjuntos de células estructuradas únicamente es un proceso complejo. Puede involucrar motilidad y adhesión celular, señales de atracción y repulsión y otros factores, todos los cuales son controlados por sus propios retículos de reacciones bioquímicas”. Las células del embrión se desplazan, reptan, se congregan, se deshacen, construyen túneles para permitir el desplazamiento de otras, se dividen en capas, y ante los ojos atónitos del observador se cristaliza una verdadera danza de actividad y transformaciones continuas.

Van de Vijver (1998) apuntó: “Darwin encontró su principal inspiración en la mecánica newtoniana, mientras que el neodarwinismo en la termodinámica clásica. Ha llegado el tiempo de la complejización. Las simplificaciones básicas de gran parte de la síntesis moderna de la evolución tienen que ser abandonadas. La biología evolucionaria tiene que abrirse a sí misma a la influencia de sistemas dinámicos complejos. Si uno toma variación genética y selección natural para explicar el orden, entonces no hay necesidad de tener en cuenta la estructura interna de los organismos o su desarrollo dinámico; pero estos sistemas tienen poderes causales”. Todo este pensamiento común ha estado fundado parcialmente en la creencia de un-gen-una proteína, lo que equivale a decir un gen-un-carácter-

del organismo.

Hasta no hace mucho, se pensaba que existían alrededor de unos 100 000 genes estructurales o codificadores para caracteres. El proyecto del genoma humano evidenció que esa cantidad era mucho menor, de unos 30-40 000 genes, y las continuas investigaciones sugieren una cantidad aún más esmirriada, entre 20-25 000 genes estructurales (Stein, 2004). La tremenda diversidad creativa e interactiva entre los códigos genéticos y la forma biológica no se basan tanto en el número de genes, sino más en el accionar de todo un complejo retículo autorregulado e interactivo entre las porciones codificadoras de ADN y entre el resto del material genético. En palabras de Capra (2002), “La forma y la conducta biológica son propiedades emergentes del retículo del genoma, altamente no-lineal, en lugar de características determinadas en una cadena de relación causa-efecto. La activación de los genes no reside en el genoma, sino en el retículo epigenético de las células. Puede que arribemos a la situación donde todo lo posible a decir acerca de los genes es que son segmentos continuos o discontinuos de ADN, cuyas estructuras precisas y funciones específicas están determinadas por la dinámica del retículo epigenético circundante, factible de cambiar con las mutables circunstancias” (Fig. 4.5).

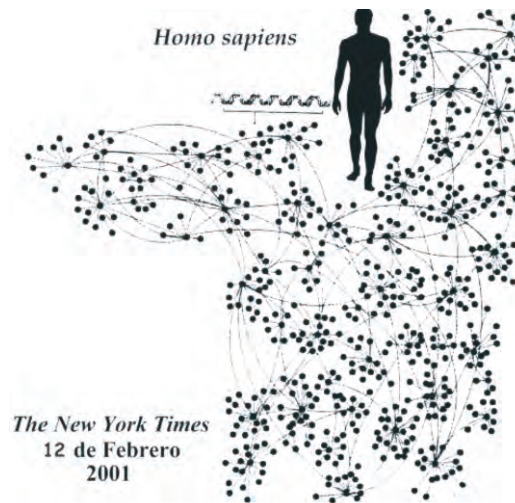


Fig. 4.5. Representación de la red del genoma humano

SELECCIÓN Y UNIDADES DE SELECCIÓN Y EVOLUCIÓN

Wilson (1998) consignó: “Cada especie vive en su propio mundo sensorial. En la modelación de ese mundo, la selección natural es guiada solamente por la historia pasada y por eventos ocurriendo momento por momento entonces y ahora. Por el hecho de que las polillas son demasiadas pequeñas e indigestas para ser un alimento energéticamente eficiente para los grandes primates, el *Homo sapiens* nunca evolucionó para capturarlas. Y desde que no vivimos en aguas oscuras, un sentido eléctrico nunca fue una opción para nuestra especie. Las mutaciones al azar son el material crudo de la evolución; el reto ambiental decide cuales de los mutantes y de sus combinaciones sobrevivirán, es la necesidad la que nos moldea”. Por supuesto, existen alternativas interpretativas. El ser humano captura presas, y siempre lo ha hecho así, mediante la tecnología y la inteligencia. Muchas especies viven en aguas turbias, o en la más completa oscuridad, y nunca han desarrollado órganos que generen electricidad. Como discurre Sterelny (2001), a los chimpancés, si hubiesen tenido colas, tal vez les hubiera sido más agradable, al disfrutar de lo mejor de los dos mundos, el arbóreo y el terrestre, pero no ha sido así. La necesidad que creemos vislumbrar para otros es una perspectiva antropomórfica. La evolución sencillamente *es*, y no toda consecuencia evolutiva es, al menos desde nuestras percepciones, estrictamente necesaria, y no todo lo que podríamos concebir necesario, evoluciona.

Barbadilla (1999) discurre: “Las reflexiones sobre selección natural no tienen connotación neutral, al existir detrás de ello una visión del mundo que sacude lo más profundo de nuestras creencias y mitos recibidos culturalmente”. Para este autor “la razón de ser” en la biosfera es la reproducción diferencial y nada más. Parafraseando a Descartes, subraya: “Me replico, luego existo (en mí o en mi descendencia)”. Por su lado, Duve (2005) enfatiza, “la noción clave en esta teoría es la replicación”. De acuerdo con ello, los organismos perduran porque se reproducen

más que otros. Desde su horizonte de sentido particular, sería un proceso en dos etapas: 1. aparición de variación al azar por mutación. 2. selección de las variantes producidas en la primera etapa. El motor de la evolución es el juego entre el azar de las mutaciones y la necesidad de la selección. Kauffman (1996) evidencia su repudio a estas perspectivas: “La biología se ha convertido en la ciencia de lo *ad hoc*. Sin selección natural no habría nada más que desorden incoherente”. ¿Acaso la selección natural no habrá devenido en sí misma un mito o metaparadigma sobredimensionado?

Wilkins (1997) critica el extendido criterio del azar devenido necesidad a través de infinidad de réplicas que son seleccionadas. Semejante creencia convierte a la evolución en pura estadística. La selección natural sería un proceso dual, donde están involucrados la replicación de los organismos y el sorteo de características interactivas del organismo con el ambiente. En vez de selección, Wilkins propone llamar a este proceso “sorteo ambiental de herencia”. La selección natural, y la selección sexual, son consideradas procesos de filtraje, desarrollados cuando lo que se replica perdura en el desarrollo y en la ecología con más eficiencia que otras variantes. La selección natural no es al azar, porque filtra de acuerdo con la adecuación en un contexto específico. Lo azaroso respecto a la selección es la mutación, pero, no obstante, la selección también es aleatoria cuando examinamos grandes períodos de tiempo; lo filtrado puede desaparecer si cambian los contextos. En realidad, la selección natural no “selecciona para”, sino “en contra de” desventajas según el contexto (Lucas, 1999).

Gould (2002) define a la selección como un proceso de pluralización de variantes, resultantes de una interacción causal entre rasgos de un individuo evolucionario (una unidad de selección) y el ambiente, de manera tal que fortalece el éxito reproductivo diferencial del individuo. La selección tiene poder causal porque provoca el incremento relativo de alguna cualidad en un contexto ambiental particular, resultante de la interacción de los individuos con el ambiente. Sin embargo, la selección “en contra de desventajas”, según considera Lucas, es

también un proceso de equilibrio, de metaestabilidad, de adecuación en un contexto ambiental específico. Este proceso no necesariamente es causal, en el sentido de provocar innovaciones. La selección implica una perpetuación diferencial de entidades que se desarrollan y se replican. No es posible seleccionar algo no existente de antemano. Por lo tanto, en la selección también está implicada la dinámica propia del desarrollo de los organismos y sus ambientes.

Croizat (1964) veía en la ortogénesis³⁰ la fuerza primaria de la evolución y en la selección natural un resultado de la interacción de los organismos con el ambiente, de las tendencias ortogénéticas + el ambiente. De igual modo, Grehan y Ainsworth (1985) y Heads (2005a) no distinguen en la selección natural un proceso creativo, sino un accionar que sólo monda y elimina lo que ofrece la ortogénesis. Las ideas de estos autores* son congruentes con las más elaboradas -y soportadas experimentalmente- teorías de la autoorganización dinámica de sistemas complejos. Estas ideas contrastan con las posiciones más ortodoxas, que postulan a la selección natural “la verdaderamente fuerza creativa de la evolución” (Barbadilla, 1999). Para Kauffman (1993, 1996, 2000) la principal fuente de en la naturaleza, del pasmoso orden “por la libre” que exhiben de manera tan diversa los sistemas vivientes, es, ante todo, un resultado directo de la capacidad de autoorganización de estos sistemas. Los imperativos termodinámicos, la reducción de gradientes hacia lo “adyacente posible”, son procesos generativos de orden y creativos por sí mismos. La selección natural sólo afina, “sintoniza” estos procesos para hacerlos armónicos con los contextos ambientales específicos.

Depew y Weber (1995) ofrecen una serie de posibles relaciones entre la autoorganización y la selección, de las cuales citamos las alternativas principales:

- La autoorganización constriñe la acción de la selección, lo cual constituye el verdadero proceso directriz de la evolución.

**En este sentido, la ortogénesis es comprendida como un desarrollo filogenético, pero estos autores también defienden una ortogénesis biogeográfica, la cual será discutida en el capítulo siguiente.*

- La selección natural es una instancia de los procesos autoorganizativos, por lo tanto es completamente secundaria.
- La selección natural y la autoorganización son aspectos de un único proceso termodinámico que conduce a los sistemas vivientes a una zona de máxima adecuación u optimización, al borde del caos.

Aristóteles, se asocia a la forma consustancial con la complejidad. La selección sortea, de acuerdo con los contextos locales, cuales variantes informacionales perduran y se autorreplican. Goodwin propone cambiar el término *selección natural* por *estabilización dinámica*. De este modo, los organismos debieran estudiarse como totalidades dinámicas. Y, en adición, sentencia: “La selección natural no tiene nada esencialmente de biológica. La selección representaría solamente un término empleado por los biólogos para describir el modo en que una forma es reemplazada por otra, resultado de sus diferentes propiedades dinámicas. No es más que una manera de hablar de estabilidad dinámica, un concepto empleado hace largo tiempo en física y en química”.

Goodwin la emprende contra la conocida metáfora del efecto Reina Roja, en la cual los organismos deben correr para perseguir a un ambiente cambiante, pero si el ambiente es más dinámico que los organismos, estos últimos permanecen en el mismo lugar. Es una especie de alucinante pesadilla ecológica-evolucionaria. Esta metáfora posiblemente apunte más (aunque ese no es su sentido) a dinámicas internas que a los cambios del ambiente. Las especies se reajustan por lo que hacen las otras y no andan correteando por paisajes adaptativos. Con esta perspectiva, la biología se hace más física y ésta última deviene más evolutiva, más biológica. La selección natural sería así el término biológico empleado para describir la dinámica de la interacción de estos ciclos vitales con sus entornos. Las poblaciones concluye Goodwin- se mueven hacia atractores o se alejan de repulsores, no vagabundean por relieves adaptativos.

Van de Vijver (1998) es terminante cuando afirma: “la clave del entendimiento en la evolución es tanto autoorganización como selección natural”.

Esta autora, al igual que Goodwin (y de hecho Croizat, Grehan y Ainsworth y Heads con su ortogénesis filogenética*) le otorgan mayor preeminencia a la autoorganización, mientras Kauffman y Depew y Weber conciben un modelo más complementario entre ambos procesos. Van de Vijver discierne que el objeto de la evolución es, en última instancia, la red completa de las especies, la biosfera toda. Los organismos co-organizan su propia evolución. La evolución de una especie es dependiente de la presión selectiva de su ambiente; pero esto es cierto para cada especie, apunta Csányi (1998). Por consiguiente, el poder más importante en la evolución es la evolución en sí misma, es básicamente la red de especies, más que los elementos abióticos del ambiente, siendo estos muchas veces regulados o hasta generados, por la propia red de redes de la vida. Margulis y Sagan (2002) llevan esta imagen al extremo, al reconocer en la propia Gaia al selector natural.

Kampis (1998) declara sin rodeos no contemplar más la selección natural en el sentido de *causa* de la evolución, sino en el sentido de *consecuencia* de la interacción entre organismos, de la red toda de la vida en ambientes concretos. Por su parte, Sharov (1999) se pronuncia en contra de selección de rasgos aislados, porque toda característica de un organismo se encuentra en una relación multicausal, de equilibrio dinámico e informacional con otras partes del mismo. Todos los rasgos son relacionales. Para Wagensberg (2000), la selección es cualquier innovación que favorece la independencia del ambiente, y ello implica también asumir la selección como consecuencia, no como proceso causal. Según Meyer (2003) la selección sólo puede actuar sobre cosas que se desarrollan. Los procesos del desarrollo presentan estreñimientos a las posibilidades de evolución, y los resultados de la evolución constriñen las vías del desarrollo y la selección.

*Es esencial señalar que ninguno de estos autores se refiere, de manera explícita, a la autoorganización. En realidad, ellos ven en la ortogénesis un proceso con una dimensión, no sólo temporal, sino espacial. Pero el significado de la ortogénesis espacial es muy distinto al de su dimensión temporal. Sobre este aspecto ampliaremos en la sección de panbiogeografía del Capítulo 5.

De esta manera, es conformado un sistema de bucles de retroalimentación, negativa o positiva, de resultados impredecibles, al ser contextos-dependientes. Los contextos también evolucionan o cambian bruscamente; la selección emerge así una vez más como consecuencia en lugar de factor causal. El desmenuzamiento de los organismos en partes que son seleccionadas representa también un desmembramiento del ambiente en partes que seleccionan algo de los organismos, con todas las otras condiciones *ceteris paribus*. Este panorama parece muy poco realista.

La perspectiva usual de la selección sigue básicamente el modelo mecanicista de análisis: aislamiento y atomización de componentes. Por lo general, se piensa que se selecciona algo de un organismo, lo cual lo adecua más a su contexto ecológico, y por tanto lo hace más eficiente (o al menos no lo hace menos eficiente) en su interaccionar con el ambiente. Otras perspectivas le otorgan a todo el organismo la función de unidad de selección. Pero aún son muy populares las nociones de que las unidades selectivas reales son los genes. El concepto de unidad de selección es importante, porque lo seleccionado continúa desarrollándose y cambiando, y así constituye la materia prima de la evolución. Veamos algunas percepciones del problema.

Richard Dawkins (1976), en su famoso libro *El gen egoísta*, expuso: “Somos máquinas de supervivencia vehículos, robots ciegamente programados para preservar las moléculas egoístas conocidas como genes-. Los genes son replicadores y los organismos los vehículos. Los genes son los agentes de la selección natural. Ahora, se enjambran dentro de enormes colonias, seguros dentro de gigantescos y tambaleantes robots, sellados del mundo exterior, pero comunicándose con el mismo a través de rutas tortuosas e indirectas, manipulándolas por control remoto. Ellos están en ti y en mí, nos han creados, cuerpo y mente, y su preservación es el sentido último de nuestra existencia...Y nosotros somos sus máquinas de supervivencia”. Dawkins continúa: “...El mejor modo de ver la evolución es en términos de selección al más bajo nivel de todos...la

unidad fundamental de selección...no es la especie, no es el grupo, no es, siquiera, estrictamente el individuo. Es el gen, la unidad de la herencia...Nada más inclusivo, ni siquiera un organismo, puede ser llamado una unidad de selección". Dawkins (1978) insiste en este punto de vista: "No obstante lo complejo e intrincado que pueda ser el organismo, no podemos conceder otra cosa sino al organismo como unidad de *función*; todavía me parece erróneo llamarlo una unidad de *selección*".

Posteriormente, Dawkins (1996) reafirma que el cuerpo es el vehículo a través del cual el ADN se vale para producir más ADN igual a sí mismo. "Los organismos son ambientes de los genes", proclama Dawkins. Similarmente, Sterelny (2001) concibe a los organismos una "invención" de la evolución para proteger a los replicadores y cosechar los recursos que necesitan para realizar copias de sí mismos. Por su parte, Gould (2002) acusa a Dawkins de no percibir que las propiedades emergentes desarrolladas por entidades o unidades evolucionarias superiores (población, especie, clados) adquieren su propia independencia, no son esclavos pasivos de controladores constituyentes. Los genes interaccionarían directamente sólo si los organismos no tuvieran propiedades emergentes. "Dawkins ha invertido la causalidad natural - de vela Gould- los organismos son unidades activas de selección; los genes, mientras extienden una mano que ayuda, como arquitectos, permanecen encerrados dentro de estas unidades genuinas". Para Dawkins y seguidores la selección sólo acciona sobre replicadores, y los replicadores últimos son los genes.

Hull (1980) concibe en la selección un proceso que involucra a replicadores-interaccionadores. Un *replicador* es "una entidad que transfiere su estructura directamente en replicación". Un *interaccionador* sería "una entidad que interacciona directamente como un todo cohesivo con su ambiente de manera tal, que la replicación es diferencial". Hull caracteriza a la selección de "proceso en el cual la extinción y proliferación diferencial de interaccionadores causa la perpetuación diferencial de los replicadores que los producen". Sin embargo, aquí

resalta un dualismo, porque se consideran separados a replicadores e interaccionadores. Pero la replicación no es posible sin la interacción. Evidentemente, Hull se percata con posterioridad de la incongruencia, y entonces escribe “No hay unidades de selección, porque la selección está compuesta de dos subprocesos replicación e interacción- La selección resulta del rejuego entre estos dos subprocesos” (Hull, 1994).

Lieberman y Vrba (1995) soslayaron el dualismo de marras cuando proponen que la selección es una interacción entre características *emergentes* heredables y variables entre los individuos y el ambiente. Dichas interacciones son causantes de diferentes ritmos de nacimientos y/o muertes. Las diferencias en ritmos representan un proceso de *sorteo*. Esta concepción evita el reduccionismo y el dualismo, pues la selección se observa como una propiedad sistémica emergente entre entidades que, de manera irreducible, son a la vez interaccionadores-replicadores. Wilkins (1997) resalta la dimensión irreducible del proceso de selección: “Las condiciones generales para un proceso darwiniano son meramente la existencia de una estructura definitiva que es replicada, la cual causa características resultantes en éxito diferencial para obtener recursos, y esos recursos son, en turno, lo requerido para la ocurrencia de la replicación”. Así se establece un bucle de retroalimentación: replicadores-interaccionadores-replicadores.

No obstante, Hull y Gould han insistido que las unidades de selección deben ser individuos evolucionarios y éstos deben ser interaccionadores. Las unidades de selección, según Gould, corporizan individuos evolucionarios (interaccionadores) pluralizados diferencialmente, de acuerdo con la interacción de sus fenotipos y sus ambientes. Lieberman y Vrba (1995) proponen como unidades de selección a genes, cromosomas, porciones de genomas, organelos, plásmidos y linajes de células, en adición a las unidades más convencionales, léase estructuras, procesos y conductas. Por su parte, Gould precisa que las unidades de selección (vistas como individuos evolucionarios) pueden ser, de igual modo, organismos, demos, especies y clados. El enfoque de unidades de selección como

individuos evolucionarios resulta incongruente con las perspectivas asumidas en nuestro discurso. Si la evolución es una acumulación de errores de información; entonces es un resultado, un registro, un patrón. Por lo tanto, las entidades percibidas resultantes de la evolución son unidades en virtud de su cohesión histórica, informacional, pero no son interaccionadores.

Los interaccionadores son entidades que se desarrollan. Los individuos evolucionarios sólo son individuos históricos. La “unidad de evolución” con referencia a algo individual no tiene sentido, porque la individualidad es un producto de la evolución, no es su causa, según lo presenta Csányi (1998). En ello tiene razón, porque la evolución es un registro histórico. El patrón es factible de ser desmenuzado a cualquier nivel, dado su carácter perceptual, y así podemos hablar de estructuras, conductas, órganos, genomas y fenotipos que han evolucionado. La evolución es apreciada a nivel de componente y a nivel sistémico. Logramos apreciar de manera individual los componentes que han evolucionado, pero ellos no son interaccionadores, sino resultados históricos. El patrón de evolución, a través de las agencias materiales que lo configuran, los procesos filogenéticos, sí permite delimitar individuos históricos, emergidos de estos procesos. Gould plantea que el “objetivo” de una unidad de selección (pudiéramos acotar, su causa final) es el incremento relativo de sus propiedades heredables. La idea de un individuo evolucionario (histórico) como unidad de selección no encaja en esta imagen. Estos individuos son sólo efectos, no constituyen agencias causales. *La causalidad está embebida en el desarrollo y la interacción, y la evolución es su resultado.*

Gray (1987) aprecia en la selección una construcción limitada recíprocamente, donde los organismos no son los que se desarrollan ni las poblaciones las que evolucionan, sino las relaciones organismo-ambiente y población-ambiente. Hoffmeyer (1996) vislumbra la selección de manera infodinámica, a la manera de un proceso “intencional” a nivel de linaje. La selección no es un proceso externo, sino interno. El linaje,³¹ la extensión en el espacio y en el tiempo del mensaje vital de los organismos, es el que selecciona los

individuos más exitosos. Así, la población es factible de ser interpretada como un código que expresa un mensaje, sugieren Hoffmayer y Emmeche. El linaje es un interpretante del ambiente y su memoria genética, y es a su vez un transmisor y un actor. No sólo refleja, sino interpreta y co-determina sus condiciones de vida. El linaje es una expresión epigenética e histórica. El organismo aislado únicamente tiene sentido siendo parte de una población, y esta sólo tiene sentido en cuanto a ser parte de un linaje. Una población es la expresión actual de un linaje, un momento de su trayectoria infodinámica.

El linaje es una entidad autoorganizada, es una trayectoria morfológica e histórica, porque acumula e interpreta información. Los linajes son los agentes materiales y formales de la evolución, al desplegar ontogenia y filogenia. Kauffman (1993) metaforiza esta idea y dice que una población envía “sensores” al ambiente, entonces el filtraje de la selección impele a la población hacia una nueva posición ambiental. De Queiroz (2005) asevera que los linajes son las entidades que evolucionan: la evolución representa cambios heredables expresados en los linajes. Es importante tener en cuenta que un linaje puede involucrar varias poblaciones. El linaje es un concepto de extensión temporal, donde los cambios se materializan en las poblaciones. Las poblaciones son entidades materiales organizacionales, transitorias en el espacio y el tiempo y constituyen los recipientes materiales donde se conservan y extienden en el espacio/tiempo los cambios y la variabilidad genética. Las poblaciones extienden los linajes que las extienden. Ninguna entidad es primaria con respecto a la otra. Sencillamente, su fundamentalidad cobra mayor sentido en diferentes niveles de organización.

Si conceptuamos al linaje como unidad de selección, pudiéramos decir que la selección es un proceso con un “punto de vista”. Según Sharov (1999), el proceso de selección, la supervivencia y reproducción de los organismos, desempeña el mismo papel para un linaje que la visión desempeña para los individuos. La selección es una “percepción” a gran escala, a través de la cual los linajes “aprenden” a evitar errores en su desarrollo. Es una perspectiva interesante, porque concibe la

cognición como un proceso emergente, trascendental en la memoria de los linajes. Sharov contempla una relación semiótica entre el linaje, la selección y el ambiente. El linaje encarna al interpretante del proceso de selección, donde ésta última constituye el vehículo de señales del ambiente, mientras el ambiente materializa la red de relaciones de los organismos entre sí, entre los organismos con sus entornos, incluyendo sus trayectorias de desarrollo, y entre todos con las condiciones del contexto que trascienden sus influencias y capacidades biológicas (Fig. 4.6).

Las poblaciones no evolucionan porque constituyen un nivel emergente, sino como una consecuencia de su extensión temporal. Los linajes son extensiones espacio-temporales de poblaciones. En intervalos cortos de tiempo, las poblaciones no evolucionan más allá que sus organismos constituyentes; es decir, las poblaciones solamente se desarrollan (de Queiroz, 1999). Los linajes de organismos, gracias a su extensión en el tiempo, evolucionan, porque transmiten los cambios genéticos y organizacionales. De este modo, la evolución de las poblaciones a través del tiempo es un resultado emergente de la evolución de sus linajes componentes. Hoffmeyer y Emmeche (1991) y Salthe (1996), aprecian al linaje o población como la unidad básica de selección y de evolución. Si asumimos que la vida es un sistema semiótico; entonces los organismos aislados son sólo señales. Su actualización necesita también de lo exorreferencial. Por ello es necesaria una extensión en el espacio y el tiempo, el linaje, del cual las poblaciones son los segmentos actuales, cuyos componentes son interaccionadores.

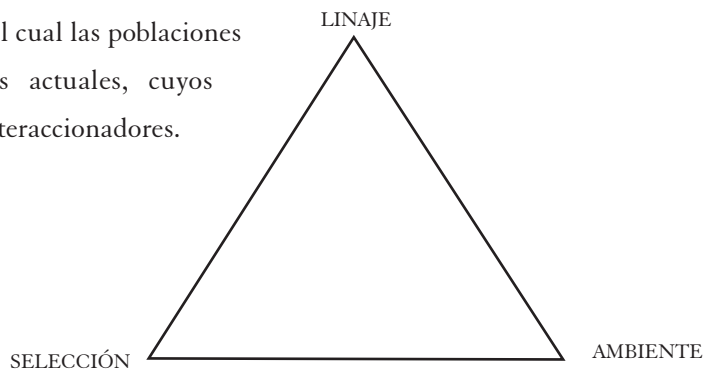


Fig. 4.6. Triada semiótica entre el linaje, la selección y el ambiente.

Laland *et al.* (2000) consideran una distorsión de la realidad la imagen de entidades seleccionadas en el sentido de vehículos o interaccionadores. Lo que se desarrolla, replica y se “selecciona” es un complejo de información y de recursos ambientales. En adición, los organismos “arrastran” sus propios paisajes adaptativos y los reciben sus descendientes en forma de herencia. Lo que se selecciona afirman estos autores- es un *sistema organismo-ambiente*. La selección es más realistamente comprendida en el sentido de persistencia y reproducción diferencial de organismos-entornos-en-sus-linajes interaccionando en una red de redes de interacciones locales. Lo que se selecciona, se replica y se hereda es una representación del mundo, un sistema de información, un segmento de la semiosfera, no componentes aislados ni entidades independientes a otros niveles de jerarquía (grupos monofiléticos). Los linajes a todos los niveles son las cosas que evolucionan y así, una definición general más precisa de *evolución* es la de *cambios heredables en los linajes*, resume De Queiroz (1999). No obstante, no todos los cambios heredables tienen consecuencias evolucionarias, por lo tanto, la evolución ocurre si estos cambios incorporan a su vez una reestructuración de las relaciones semióticas preexistentes de los linajes y poblaciones; es decir, de las relaciones organismo-entorno.

Brian Goodwin (1984) declaró hace dos décadas: “Lo que se requiere ahora en la biología no es una teoría evolucionaria nueva, sino la construcción de un esquema conceptual novedoso”. Una perspectiva alternativa es comprender a la organización biológica, en cualquier nivel, a través de un análisis de principios *generativos* y *creativos*, no la de ensamblajes y generación de cosas por accidentes estadísticos. Más recientemente, Duve (2005) encuentra una paradoja interesante. Las biomoléculas son gigantescas; su ensamble primigenio, por procesos de azar, resulta inimaginable. Por otra parte, el espacio de secuencia de nucleótidos posible a ser ocupado es increíblemente inmenso, sin embargo, el espacio real ocupado, en relación con el posible, es abrumadoramente pequeño. Duve barrunta, aunque no lo explícita, la acción de atractores. Hendry (2005) señala otra incongruencia

operativa. El poder de la selección natural es fantástico, pero no contamos con la suficiente potencia estadística para demostrarlo. Es necesario buscar vías para medir y juzgar este poder.

Por su parte, Kauffman (1996) reflexiona, “Los biólogos no tienen todavía un marco conceptual dentro del cual estudiar un proceso evolucionario que cumpla tanto la autoorganización como la selección natural. ¿Cómo la selección opera sobre sistemas que generan orden espontáneo? La física tiene su orden espontáneo profundo, pero no necesidad de selección. Los biólogos, percatados subliminalmente del orden espontáneo, lo han ignorado no obstante, y han enfocado casi enteramente en la selección...La autoorganización ha permanecido casi invisible, semejante al trasfondo de ciertas pinturas donde, con un repentino giro visual, el trasfondo se convierte en primer plano y viceversa. La selección pudiera pasar al trasfondo. Pero ninguna de las dos es suficiente. La vida y la evolución han dependido siempre de ese abrazo mutuo entre el orden espontáneo y la artesanía de la selección de tal orden. Necesitamos pintar un nuevo cuadro”. O, como diría Najamanovich (2002), “necesitamos construir nuevas figuras del pensar”.

LA ADAPTACIÓN Y SU LABERINTO

El término adaptación tiene su raíz en el vocablo latino *apt*, que significa apropiado, adecuado; y como en cierta ocasión dijo Gould y retomó Sterelny (2001), “una vez que nos desplazamos de hechos obvios *cómo los ojos son para ver y los pies para moverse*, la adaptación es difícil y controversial”. Si en el metaparadigma predominante el principal motor causal impulsor de la evolución es la selección natural, entonces la adaptación es el resultado directo de la selección. En realidad, se ha construido en la mentalidad colectiva una cierta configuración amorfa entre evolución, selección y adaptación. No en pocas ocasiones se concibe y trasmite la imagen de la evolución como mediadora de un

“objetivo”, la adaptación. Cual eco de la época victoriana, Fisher (1936) consignó “la evolución es adaptación progresiva y nada más”.

Amundson (1996) expone su visión del tópico: “El fenómeno de la adaptación se encuentra en el núcleo de la biología evolucionaria moderna. La selección natural, el mecanismo considerado universalmente la influencia causal primaria sobre el cambio evolucionario fenotípico, es primero y por encima de todo, una explicación de adaptación”. Otros autores plantean que la adaptación sólo es explicable por la selección natural (Cordero, 1999; Méndez, 1999). Para Méndez (1999), la selección natural es el *proceso* que produce el *estado* de adaptación. De hecho, considera *adaptación* al proceso de llegar a estar adaptado o más adaptado. Y Ruse (2001) así lo refleja: “El aspecto clave de la forma orgánica es la adaptabilidad, la cual es obtenida por selección natural”. Desde este ángulo, la adaptación y la selección natural aparentan ser procesos delirantemente circulares y clausurados sobre sí mismos.

Gould (2002) reconoce en la adaptación el fenómeno central de la evolución, el cual es manufacturado por la selección natural. Por su parte, Lemski (2003), valora que la explicación darwiniana estándar es la de la evolución por adaptación y selección natural. Duve (2005) lo estampa con más entusiasmo: “divinizada por el genio de Alfred Rusell Wallace y Charles Darwin, los principios básicos de la evolución por selección natural son bien conocidos. Primero, existe continuidad genética, basada en replicación. Entonces, inevitablemente, aparece la variación. Finalmente, ocurre competición, conllevando a selección de variantes más aptas para sobrevivir y proliferar bajo las condiciones prevalecientes”. Esta es una visión de la evolución explícitamente lineal y simplificada hasta la caricatura. Por su parte, Hendry (2005) ve en la selección el *mecanismo* primario de la evolución *adaptativa*.

La visión clásica de la adaptación es la de la *adecuación** de los organismos

*Este es un término cuyo sentido es difícil de definir, pero es posible asumirlo como las propiedades que le permiten a un organismo el sobrevivir en su entorno en primera instancia.

a las condiciones del ambiente externo; es una “respuesta” o “solución” a problemas planteados por el ambiente. Así, Coddington (1994) describe la adaptación en términos de característica apomórfica que evolucionó en *respuesta* a la selección natural; o de cualquier otra clase de selección para una función apomórfica. Levins y Lewontin (1985) han tildado esta visión de la adaptación de cartesianismo, pues considera los organismos objetos que se adaptan a un ambiente externo cambiante, impositor de problemas. El organismo es así un objeto pasivo, desvinculado de sí mismo y sin identidad holística propia, bajo la férula de los genes, el ambiente externo y la selección natural. La partición de cada rasgo de manera individual y su correlación con alguna adaptación al ambiente para solucionar un problema específico es cartesianismo castizo. Para ello es necesario concebir un argumento de *ceteris paribus*. Es decir, que un rasgo evoluciona de manera independiente, mientras los demás permanecen estáticos, cosa prácticamente imposible en la organización y estructura en un sistema dinámico no-lineal, donde existen heterarquías y funcionalidad en forma de red de redes, y donde aun los patrones relativamente invariantes sufren reestructuraciones específicas con cada cambio evolutivo.

Por ejemplo, la columna vertebral es una estructura invariante de todos los vertebrados (es un tipo *sensu* Salthe o también un atractor epigenético), pero la forma, robustez y talla de sus componentes y de la propia columna son extremadamente variables, según los *tokens*. Por otra parte, cada rasgo está involucrado en una variedad de funciones, cada una de ellas *adecuadas para algo*, como las patas traseras de las tortugas, que les sirven para nadar, caminar y cavar un nido en la arena donde depositar sus huevos. También está el caso de las placas del *Stegosaurus*, que pudieron utilizarse para la termorregulación, el reconocimiento específico y la defensa. Pero pudieron haber sido, ante todo, una contingencia del desarrollo, o un producto del desarrollo guiado por atractores de forma, insiste Goodwin (1998).

Sober (1984) propone que **A** es una adaptación para la tarea **T** en la población **P**, si **A** llega a ser prevaeciente en **P** porque hubo selección en **A**, donde la

ventaja selectiva de **A** fue debido al hecho que **A** ayudó a ejecutar la tarea **T**. Como es evidente, en todo ello existe un elevado componente de apreciación y de un horizonte particular de sentido por parte del observador. Reeve y Sherman (1996) recuerdan que en ocasiones se identifica de adaptativo a una estructura o rasgo, si se estima que parecen demasiado complejos para ser debidos al azar. Ello es, evidentemente, una decisión apreciativa. De igual modo, se asume una adaptación en una característica, si la misma es útil para una tarea en particular y si la evolución de dicha característica ha incrementado la adecuación del organismo. Esta es una definición parecida a la de Sober, la cual sigue una línea deductiva de apreciación casi silogística, al considerar la adaptación una adecuación, evidenciada por el incremento de adecuación que proporciona. No obstante, partimos de observar organismos o estructuras que ya *se encuentran adecuadas*. Curiosamente, Cordero (1999) no cataloga a la selección natural de teoría circular, pero sí admite que es un silogismo, al adoptar la siguiente forma: Adaptación-supervivencia/selecciónambiente/adaptaciónsupervivencia.

De acuerdo con Reeve y Sherman, la adaptación serían aquellas variantes fenotípicas que resultan en la más elevada adecuación entre un sistema específico de variantes en un ambiente dado. Sin embargo, reconocen en ello un concepto relativo. El cuerpo completo puede ser una adaptación, pero la detección de las adaptaciones no debe quedar reducida a simples características. Admiten que la especificidad de variantes es también un problema de apreciación y señalan que ciertos rasgos ventajosos en el pasado podrían ser desventajosos en un contexto actual, o viceversa. Estos autores proponen para la percepción de la adaptación tener en cuenta lo siguiente: 1. Sistemas de fenotipos. 2. Medida de adecuación. 3. Contexto ambiental claramente definido. Ninguna de estas propiedades resultan discernibles por sí mismas. Es necesario primero construir un punto de vista, un horizonte de sentido, que tal vez no fuera congruente con el desarrollo real de los fenómenos observados, con su historia. La adaptación atañe más a lo fenotípico que a lo genotípico, según distinguen Reeve y Sherman. Por lo tanto, su

manifestación está relacionada con la forma, con la información, con la dinámica de acoplamientos estructurales organismo-entorno.

La percepción de la adaptación como algo beneficioso es en extremo relativa. La posesión de cuatro miembros resulta tan útil para nadar, como para desplazarse sobre un lecho sumergido o vagar sobre tierra firme. De hecho, hubo tetrápodos exclusivamente acuáticos millones de años antes de que algunos de sus representantes comenzaran a deambular sobre la tierra emergida. Ciertos tetrápodos no se limitaban a tener cinco dedos, sino ostentaban seis, siete o inclusive ocho. Esta desenfadada diversidad de dígitos no parece estar relacionada con el nivel de adaptación al ambiente de sus portadores. En apariencia, el orden emergente genera estructuras, órganos o conductas, a través de las cuales los organismos utilizan determinados recursos del ambiente. Los organismos adecuan el uso de estos recursos a su propia autorreferencialidad. No es improbable que la selección “afine” de manera metaestablemente dinámica aspectos de este orden emergente y autogenerado.

El adaptacionismo contradice la tremenda diversidad de la vida, y la coexistencia de formas “primitivas” con otras “avanzadas”; de otra manera, tendría que existir una sola “superespecie”, afirma Kamps (1998). Por su lado, Lewontin (2000) critica la idea de la existencia de un ambiente en el cual han sido seleccionado los organismos para “resolver” problemas. Los organismos no se mueven sobre un tipo de superficie, la superficie adaptativa, de manera tal que esta superficie tenga una función objetiva, donde a usted no le queda otro remedio sino subir colinas locales. La evolución no es adaptarse a algo que no puede ser definido sin los propios organismos, ya sean nichos o ambientes. Por ejemplo, las aletas de las focas no son una solución a un problema planteado por el ambiente, sino la propia existencia de estas estructuras, o de sus precursoras evolucionarias, hacen de la situación acuática parte del ambiente del organismo. En otras palabras, la estructura, producto de la autoorganización de la forma y el desarrollo, determina o predispone la “adaptación”. La imagen de la evolución como “rastreo del

ambiente”, no es correcta, no explica la especiación ni la diversidad. Ni tampoco explica los grandes cambios en la biota, el poblamiento de la tierra, la génesis de formas voladoras, los retornos al agua, las reversiones morfológicas y la omnipresente simbiosis.

Lewontin prosigue, “Los problemas no existen para los organismos a distancia, en la cúspide de una supuesta colina adaptativa. Un organismo no sabe si tener alas es 'bueno' o 'adaptativo' hasta que no las tiene. Los organismos no son seleccionados en un ambiente, sino co-construyen un espacio ambiental particular”. Nos viene a la mente el caso de los mirlos acuáticos, aves passeriformes que bucean perfectamente y buscan su alimento entre el fondo de los arroyos de Europa. Sin embargo, estos pájaros no presentan ninguna de las adaptaciones “típicas” de las aves acuáticas, necesarias para “resolver” este tipo de situación. La única “solución” del mirlo acuático a este problema, que se ha planteado él mismo, es su propia conducta. Para Lewontin, todo el modelo completo está errado. El organismo es en sí mismo una máquina de variación que también cambia al ambiente y lo co-define. El ensamble se mueve por un trampolín donde cada próximo paso deforma la superficie. Esta superficie deformada del trampolín es una metáfora de la red de interacciones locales, donde cada cambio necesariamente tiene una repercusión, por la conectividad de relaciones físicas y semióticas. Desde esta perspectiva, no se vislumbran colinas o picos hacia los cuales los organismos deben escalar para poder vivir. Los organismos viven en una dimensión actual de horizontalidad, embebidos en redes de relaciones.

La convergencia evolucionaria es tomada típicamente como la solución de problemas adaptativos comunes. Ello supone, desde nuestra posición centrista de mamíferos placentarios, la “convergencia” de lobos, topos, conejos, osos y ratas marsupiales con una fauna similar placentaria. ¿Por qué no pensar lo contrario? Sin embargo, no existen ballenas, murciélagos o ungulados marsupiales. Tampoco hay grandes canguros euterios. No están ocupados todos los “nichos”. La “solución” a problemas comunes por convergencia no está clara. Los cascos y las

pezuñas no parecen ser una adaptación especial para la carrera, desde el momento que conejos, canguros, serpientes y guepardos no los tienen. Todo aparenta ser más un “oportunismo” emergido de las contingencias históricas.

Otra alternativa es la sugerida por Lewin (1995), quien adjudica el origen de las convergencias a la acción de atractores de formas limitados, debido a numerosos constreñimientos en el desarrollo. Las convergencias son atractores en el espacio de las leyes morfogenéticas. Muchos linajes de vertebrados terrestres han retornado al mar y adquirido formas hidrodinámicas y transformaciones de miembros en aletas. Sin embargo, suponer que ello ha sido causado por problemas planteados por el ambiente es dudoso. Los antecesores de estos linajes coexistían con otros muchos organismos que no retornaron al mar. Al igual que el mirlo, aquellos organismos se plantearon a sí mismos estos problemas. ¿La diferencia evidente?, pues que en su “solución” fueron más meticulosos y sofisticados.

En la propuesta de Gould y Vrba (1982), y Gould (2002), la adaptación es una característica construida por la selección natural para su *función* actual. La distinguen de la *exaptación*, la cual sería una característica cuya función original era otra que la observada en su función actual. Entre otros, Reeve y Sherman han argumentado que resulta virtualmente imposible identificar los “papeles originales”. ¿Dónde empieza una adaptación y termina una exaptación? Ello también depende de la percepción del fenómeno apuntan- pues pudiera pensarse en los huesos del oído como una exaptación para hablar por teléfono. Sería plausible pensar que los fenotipos complejos y altamente ordenados son manifestaciones de mecanismos simples, sin referencia a la selección, es decir, resultantes del orden funcional generado por la autoorganización. En sentido general, las adaptaciones se identifican con rasgos de utilidad actual, cuya posición filogenética es derivada. Así, las plesiomorfías serían exaptaciones; pero también serían adaptaciones para todo el clado, si éste es derivado en relación con el clado más inclusivo. La adaptación, concluyen, es un *designio funcional*.

La alternativa designio-funcionalista tampoco nos conduce muy lejos,

pues, por necesidad, todo organismo vivo que ha sido capaz de desarrollar su ciclo vital se encuentra “diseñado” funcionalmente. Amundson (1996) aprecia una inversión en las relaciones causa-efecto en el enfoque funcionalista de la adaptación. Sigamos el razonamiento. Un rasgo existe si tiene un propósito para algo. Es beneficioso; pero no existe porque es beneficioso. Lo beneficioso no es su causa, sino su efecto, y los efectos beneficiosos sólo ocurren porque el rasgo ya existía. *La adaptación sólo es posible después que el rasgo exista.* Entonces, la adaptación nada tiene que ver con soluciones a problemas o funciones específicas, sino con un orden emergente, autoorganizado, funcional en sí mismo. Ninguna nueva estructura emerge en aislamiento del resto de un organismo, mas es parte de un proceso irreducible de reestructuración de la trayectoria infodinámica que lleva a cabo un organismo. Por su parte, Ahl y Allen (1996) hacen notar que la función es siempre reconocida después del hecho y depende de la interpretación de un observador acerca de la significancia de un fenómeno. La función no es descubierta en la naturaleza. “No es apropiado lidiar con el tópico de la función mediante de la creación de términos como 'adaptación', que pretende que la función es algo inherente en la estructura. Es necesario separar estructura y mecanismos de función”.

Heads (2005a) proclama que el discurso de la adaptación es teleológico, porque se basa en la adecuación *para* una función, para un propósito o finalidad determinados. En su opinión, la realidad es justamente lo contrario, las funciones se realizan porque existen las estructuras que hacen posible tal función. La adaptación debe asimilarse como estructura antes que función resultante. La adaptación sería el resultado de la interacción entre la ortogénesis y el ambiente. Para Heads no existe adaptación real. Cualquier adaptación es entonces el resultado de una *preadaptación* inherente en secciones de una tendencia morfogénica. Así, el concepto de evolución por “adaptación” en respuesta a la presión de selección podría ser reemplazado por un concepto de series morfogénicas, estructuras predeterminantes de la función, y la preadaptación.

En este punto de vista vemos varios conflictos. La “adaptación” se remite a la “preadaptación”, lo cual nos introduce en un razonamiento circular. Por otra parte, es un enfoque estructuralista clausurado, pues no deja ninguna ventana a la interacción y al papel de la selección, como *emergencia* de la interacción.

Para Goodwin (1998), lo importante en la evolución es la estabilidad dinámica en un entorno particular. Esta dinámica es la del organismo como un todo integrado en la dinámica del sistema más inclusivo de su ambiente. La “adaptación” es un atractor, a la vez que dinámico, invariante de los sistemas vivientes. Salthe (1998) reconoce a las adaptaciones corporeizadas materialmente, pero afirma que en sí mismas son inmateriales. Las adaptaciones son procesos relacionales, es decir organizacionales-estructurales. Por consiguiente, las adaptaciones no son predecibles a partir de observar simplemente la forma de una estructura, el desarrollo de funciones o el desempeño de conductas. Las adaptaciones son relaciones contexto-dependientes. La misma estructura o patrón de conducta es susceptible de facilitar la supervivencia del individuo en un contexto o conducirlo a su aniquilamiento en otro. Los signos y su significado están constreñidos físicamente, pero son inmateriales. Las adaptaciones son semióticas; son relaciones, inmateriales en sí mismas. Las adaptaciones se encuentran materializadas de alguna manera, pero sólo en el sentido de su corporeización en cuanto al uso de recursos, mediante estructuras o conductas específicas.

Por otra parte, Maturana (1989) refrenda: “Si estamos vivos tenemos una conducta adecuada. Estamos adaptados, eso es una invariable de la vida. *Es la organización de la vida*. La adaptación es una coherencia estructural. Significa que la estructura del sistema tiene una correspondencia recíproca en un sentido dinámico. Ese es el acoplamiento estructural. Si la historia de interacción continúa y se mantiene la coherencia recíproca, entonces se forma un lenguaje. Es (la adaptación) la repetición de coherencias en el campo de la interacción lingüística. Cuando la interacción comprende otro ser vivo, la invariabilidad de la adaptación conforma un *campo lingüístico*. Esa es la actuación recíproca entre organismos, una interacción

histórica”. La adaptación sería así la repetición de coherencias en el campo de la interacción lingüística o semiótica organismo-ambiente. De este modo, no estaría estrictamente circunscrita ni a la estructura ni a la función, sino constituiría una emergencia, inmaterial, pero a la vez corporeizada, dinámica, a la vez que invariante. Desde este punto de vista, el lenguaje podría considerarse adaptación última y exclusiva del ser humano.

Por su lado, Varela (1989) expone: “La organización es una invariante tan fuerte, que explica el éstasis y es más fácil innovaciones radicales (puntuaciones) que desorganización. Lo básico no es la perfección de la adaptación, sino su conservación.... La evolución queda pobremente descrita como un proceso a través del cual los organismos mejoran más y más en su adaptación”. La adaptación es, en palabras de Varela, una *tendencia natural*, dada en la robusta organización de los sistemas vivientes. Esta “tendencia natural” nos parece articulada con las ideas de Kauffman acerca de fluir hacia lo adyacente posible y de Croizat, Grehan, Heads y otros respecto a la ortogénesis; es decir, adecuación (conductual, estructural, organizacional, funcional, informacional) sobre la base de autoorganización y estabilidad estructural intrínsecas, modelada de manera unitaria por las interacciones organismo-entorno.

En este sentido, la adaptación constituiría un proceso espontáneo de acoplamiento estructural co-definido entre la recepción e interpretación de la información ambiental y expresada en cambios de forma, fisiología y conducta. Como *sistemas*, los organismos tienen, inevitablemente, organización y estructura. Si las relaciones entre organización-estructura-organismo-entorno mantienen un acoplamiento coherente con el ambiente, entonces los organismos se encuentran adaptados. Tal vez sería preferible decir *adecuados* a su contexto ambiental. No percibimos la adaptación desde un punto de vista funcionalista, pero tampoco estrictamente estructuralista. Con ello evitamos caer en un bucle vicioso. Todos los organismos tienen estructura y funcionan de múltiples maneras. Buscar relaciones causa-efecto en ello, es decir, adaptaciones, significa comenzar a deambular en

círculos. Adoptamos de manera general las ideas de Maturana y Varela, y contemplamos la adecuación de los organismos, la metaestabilidad de sus trayectorias infodinámicas, como un acople, porque ello implica articulación, diálogo, sintaxis flexible y creativa.

La adecuación, es decir las interacciones ambientes-acopladas de la unidad organismo-entorno siempre son contextuales, no constituyen invariantes. Lo invariante es la interacción, el inevitable lenguaje organismo-entorno. Cuando el diálogo se anquilosa y empobrece, o cuando los contextos se modifican con tal rapidez que no es posible articular frases coherentes, entonces la adecuación potencial y real tiende a desaparecer. El destino es la extinción. Es por ello que las “adaptaciones” son inmateriales y semióticas. No dependen de una estructura, sino de relaciones entre los sistemas organismo-entorno-ambiente. La adaptación es un *lenguaje*, un sistema lingüístico-semiótico, mediante el cual el organismo en sus interacciones extrae y produce sentido para sí mismo y en muchas ocasiones también para otros. La adaptación representa, sin empleamos un término de Morin, un *circumplejo*, un sistema recursivo y relacional, donde “conversan” constantemente organización, estructura y sus interacciones internas y externas; en fin, la unidad holística organismo-entorno en sus contextos ambientales.

EL OSCURO NICHOS

El término “nicho” significa prácticamente cualquier cosa que atañe a la vida de un organismo o una especie (Fontenla, 2001a). Por lo tanto, su uso es típicamente dependiente de los criterios del sujeto, no de las cualidades del objeto. Pudiéramos afirmar que el “nicho” es uno de los conceptos más “subjetivos” dentro del panorama de la teoría evolucionaria. Llorente y Michán (2000) admiten la ausencia de definiciones operativas de nicho o zona adaptativa. Ante todo, el término *nicho* evoca la imagen de un lugar a ser ocupado. Darwin (1841) contribuyó a configurar esta imagen cuando expresó, “la adaptación es hacer un

lugar en la naturaleza”. Es muy común en la literatura actual encontrar que las especies y los organismos se adaptan a sus nichos, según ilustra el siguiente pensamiento de Wilson (1998): “La selección natural, definida como supervivencia y reproducción diferencial de diferentes formas genéticas, prepara organismos sólo para necesidades. La capacidad biológica evoluciona hasta que maximiza la adecuación de los organismos para los nichos que llenan.... Cada especie, incluyendo *Homo sapiens*, ocupa un nicho distintivo”.

Incluso, se reconocen nichos para entidades no vivas, pues Van Regenmortel (1997) afirma que, no obstante los virus no ser organismos vivientes, tienen nichos ecológicos particulares. Lo cual nos parece no sólo paradójico (lo cual aplaudiríamos), sino incongruente, con lo cual no comulgamos. El ejemplo es muy interesante, pues muestra como ciertos paradigmas derivan fácilmente hacia la hiperbolización y a hacia su propia contradictoriedad, no dialéctica, sino lógica, y por lo tanto hacia su propia autofagia. Otra conceptualización es la de que los nichos representan construcciones ambientales efectuadas por los propios organismos que los definen (Levins y Lewontin 1985; Laland *et al.*, 2000; Odling-Smith *et al.*, 2003). Kauffman (2000) ofrece una visión semejante, de co-construcción de nichos. Juarrero (1999) se refiere a organismos embebidos *en* sus nichos, es decir, en la red de redes de interacciones locales. Tanto Laland como Odling-Smith y colaboradores sostienen que la evolución depende de la herencia genética, la selección natural y la construcción de nichos. Con esta visión, los ambientes no son moldes en los que se acomodan los organismos. Los organismos transmiten la co-construcción local de sus ambientes a sus descendientes, aunque el ambiente tiene sus variables independientes respecto a la acción de los organismos.

La conjunción de las trayectorias relativamente independientes de los organismos y ambientes por un lado, y la co-construcción recíproca por el otro, establece bucles de retroalimentación, de consecuencias tanto positivas (adecuación) como negativas (extinción), debido a la asimetría de las mismas. Keller (2003) no considera la teoría del nicho una herramienta heurística, al no ser posible integrar en

un único modelo conceptual todos los efectos, tanto positivos como negativos. Ello conlleva la imposibilidad de someterla a prueba, desde el momento que todo es ajustable dentro de la misma. Esta situación se observa muy bien en la definición de Laland *et al.* (2000): “La construcción del nicho se refiere a las actividades, selecciones y procesos metabólicos de los organismos, a través de los cuales ellos definen, seleccionan, modifican y crean parcialmente sus propios nichos”. Es un concepto que lo engloba todo, a la vez que es circular y dualista.

Keller ve cada interacción organismo-ambiente embebida en una red compleja de efectos interaccionantes, y proclama la necesidad de desarrollar modelos específicos para cada situación. Con ello coincidimos. Los organismos continuamente interaccionan y modifican su hábitat. Ni se ajustan a él, ni están en él, porque ellos son parte de él. De este modo, el nicho de un organismo, afirma Salthe, es un error de tipo lógico, y representa tan sólo una metáfora válida. Aún desde las perspectivas co-constructivas, no nos parece ver del todo diluida la imagen que los organismos están construyendo en sus habitats un espacio físico, dentro del cual se introducen. Los nichos podrían ser imaginados como espacios ambientales, separables de los organismos, donde estos se encuentran instalados. Y las extinciones ocurrirían por que los nichos se desmoronan, y de pronto los organismos se ven inermes ante los ambientes agresivos. Nuestra representación de los organismos como entidades autoorganizadas y ecopoiéticas resulta incongruente con la adecuación a nichos ambientales. Tal perspectiva ofrece descripciones discretas del ambiente, específicas para cada organismo o especie. Algunas de las definiciones del nicho son claramente interaccionales, por lo cual es lícito su abordaje desde un ángulo semiótico. El espacio ambiental que un organismo *desarrolla* y en el cual está *embebido* es dinámico y autorreferencial.

Según Maturana (1975), todo lo que ocurre a los seres vivientes en ellos o a ellos ocurre en todo momento como parte de su dinámica estructural en ese momento, y es determinado por ese momento. De este modo, los cambios estructurales que un sistema viviente experimenta, resultantes de sus interacciones

con el ambiente, no están determinados por agentes externos, sino determinados por su propia dinámica. Por lo tanto, en su dinámica de interacciones, un sistema viviente sólo puede ser afectado por aquellos agentes externos que su estructura admite y así específica. En consecuencia, el devenir estructural de los seres vivientes sigue un curso indiferente a la caracterización que el observador hace de su ambiente (Maturana y Mpodozis, 1992). Para Maturana (1987), un organismo, en tanto sistema, interacciona en su totalidad, y así su estructura experimenta cambios provocados, mas no especificados, por esas interacciones. Los cambios estructurales que experimenta un sistema viviente necesariamente siguen un curso dependiente de la secuencia de interacciones del sistema. Es decir, siguen un curso dependiente de los cambios estructurales del medio, en la medida en que éste cambia de manera operacionalmente independiente de los sistemas que contiene. Maturana pone al descubierto tanto la adecuación del organismo a las condiciones externas, como la asimetría existente entre organismo y ambiente, pues cada uno de estos sistemas tiene su propia dinámica.

En los pasajes anteriores, Maturana pone en evidencia que el mundo de un organismo no es experienciable por un observador, porque no es “su” propio mundo. Por otro lado, demarca la ausencia de una independencia completa entre el mundo interno y el ambiente externo. Lo apreciado por el observador en términos de conducta es una dinámica de cambios que incluye dos sistemas operacionalmente independientes, pero no existencialmente alienados: el sistema viviente y el ambiente. La conducta pertenece al dominio de relaciones del organismo, no al organismo como tal. La conducta, en tanto relación entre un sistema viviente que opera en su totalidad, y el ambiente, que opera como entidad independiente, no ocurre en el dominio anatómico/fisiológico del organismo, sino depende de él. En otras palabras, los fenómenos anatómico/fisiológicos son necesarios para que la conducta ocurra, pero no la determinan, porque son parte de la operación de sólo uno de los participantes de la dinámica de relaciones que la constituyen, el sistema organismo-entorno, la unidad emergente ecopiética. La

conducta emerge y toma lugar en el flujo de interacción del organismo y el medio; es una relación dinámica entre ambos, y tiene carácter semiótico.

Lo que deseamos significar con lo anterior es que lo interpretado por un observador como “nicho” de un organismo, lo hace desde su propio horizonte de sentido, no es una interpretación de lo que el organismo distingue como relevante desde su propia autorreferencialidad. El “nicho” de un organismo no es un fenómeno de la ontología natural que el observador interpreta, sino un constructo epistemológico de lo que el observador interpreta que debe ser un nicho. No en balde este es uno de los conceptos de la biología evolucionaria que cuenta con más definiciones, es decir, interpretaciones (para repaso de las definiciones, ver Fontenla, 2001). El mundo del organismo se encuentra constreñido por su capacidad semiótica. El mundo de un organismo es el mundo que él mismo “se da a luz”, su *umwelt*.

Lenton *et al.* (2004) vislumbran en la evolución una escalera de transiciones entremezcladas de información y ambiente. La vida activa es representada por el procesamiento de información y el ambiente es guiado por fuerzas. La vida es, ante todo, una consecuencia de sí misma, no de la adaptación a nichos indefinibles, ni conducida por fuerzas externas. De modo similar, Hoffmeyer y Emmeche (1991) plantean el nicho en términos de *umwelt*, de autoconstreñimiento de la información. El nicho sugiere una imagen estática, de un lugar donde el organismo se acomoda; pero la fenomenología real es el desarrollo dinámico de un *umwelt*. En todo “nicho”, la mayor parte del mundo son diferencias que no hacen diferencias (quedan fuera de la gama de sensibilidad de los organismos en cuanto a visión, audición, olfato y percepciones bioquímicas). La interpretación y representación del mundo de cada organismo es constreñida, por eso existen usos específicos de recursos y especificidad en la selección de recursos. Los cambios en la conducta son capaces de reajustar el propio ambiente del organismo, construyéndose así bucles de retroalimentación negativos y positivos. Si la vida es una “organización propagativa”, fluyente hacia lo “adyacente

posible”, ello ocurre embebido en una red de redes dinámica, donde todo cambio y todo flujo se encuentra, por fuerza, *en siendo*. Por lo tanto, la imagen de un *nicho* se encuentra fuera de lugar en un escenario semejante.

El *umwelt* o entorno de una bacteria no es el mismo que el de un helmineto, ni el de éste es igual al de una abeja con visión ultravioleta, o al de un mono que vive en sociedad buscando frutos en la copa de los árboles, con sus propias bacterias y helmintos incluidos. Esta distinción es fundamental. Los espacios físicos donde viven los organismos se superponen y hasta se fusionan cuando emerge una relación simbiótica. Los ambientes son redes donde el ser de cada organismo, de una manera u otra, se solapa con otro (el mono está encima de un árbol y sobre o dentro del mono viven multitud de otros organismos, que a su vez pueden tener sus propios simbioses). El concepto de nicho se torna aquí nebuloso. Margulis y Sagan (2002) discernen un consorcio de simbioses en cada organismo eucariota; entonces, cada organismo es en sí mismo una red de redes ambiental, con numerosos “nichos” internos. Incluso, no resulta descabellado concebir nichos celulares o intra-organísmicos (Lemishka y Moore, 2003).

Cuando pensamos en términos de ambiente y entorno, observamos que los componentes no vivos del ambiente son compartidos por todos los organismos, porque éstos se encuentran embebidos en el mismo contexto espacio-temporal. De igual modo, cada organismo coexistente espacio-temporalmente con otro organismo es parte de su ambiente. Sin embargo, dichos componentes no son percibidos de la misma manera ni ejercen igual afectación sobre cada uno de tales organismos. El ambiente es una noción de *promiscuidad existencialista*, pero el entorno es mucho más exclusivo. En cada entorno sólo tienen cabida organismos estrechamente relacionados por algún tipo de capacidad o necesidad biológica o ecológica muy semejantes, o porque unos y otros se distinguen gracias a las similitudes de los signos que son capaces de percibir e interpretar sus respectivas mentes corporeizadas.

Los componentes del ambiente que no forman parte del entorno de un

organismo, de su *unwelt*, son ignorados por éste, al no ser informativos. Son diferencias que no hacen la diferencia. En una pradera africana, hierbas, antílopes, leones, elefantes, acacias y escarabajos estercoleros comparten el mismo ambiente; de hecho, todos co-construyen ese ambiente. Pero, probablemente, los escarabajos no son parte del entorno perceptual de los vertebrados, aunque estos (o al menos sus heces), si lo sean para el escarabajo. Es probable que las acacias no se “percaten” de los leones, pero la vida sería muy dura o imposible para los grandes felinos si no pudieran refrescarse eventualmente a la sombra providencial de las espinosas plantas. Para los leones, tal vez las hierbas son fuentes de parásitos, pero sustentan la vida que a su vez les permite a los felinos continuar la suya propia. El ambiente es promiscuo, el entorno es selectivo y autorreferencial.

Cada organismo no vive en todo el espacio de fase posible de un ambiente, sino únicamente en una fracción, co-construida por él y relevante para él, no sólo desde el punto de vista físico, sino semiótico. Ese espacio ambiental, que es tanto material como virtual (desde el momento que existe como representación o percepción en la mente de los organismos), podría ser considerado el entorno. Aun organismos coexistentes en un espacio físico determinado, se encuentran en realidad embebidos en sus entornos particulares, segregados en el contexto ambiental común. Lavanderos y Malpartida (2002) advierten que el acceso de un sujeto humano, como observador, al entorno de cualquier organismo, no es necesariamente experienciable. No podemos distinguir el entorno de una estrella de mar o el de un virus, sólo suponer que discriminan algo y responden a diferencias. El entorno es el ambiente *relevante* para el organismo, es la parte del ambiente que para él hace la diferencia, a través de su perceptualidad, de su *mente*. El entorno es la red semiótica del organismo. En palabras de Capra (2002), la mente está corporeizada. Lo percibido depende de la estructura de los órganos sensoriales, de la organización molecular, de la receptividad del citoplasma o de la actividad de determinadas moléculas. El entorno es la *cuenca de atracción ambiental, semiótica*, de un organismo.

Entonces, ¿qué sería el nicho? ¿el entorno o el ambiente del organismo? ¿Habría que especificar si hablamos de nichos externos o de nichos internos? Si el nicho es el ambiente interactivo con el organismo, su descripción siempre sería incompleta, porque en todo momento estaría sesgada por las limitaciones impuestas por la metodología usada. Pero, sobre todo, por la consideración del indagador acerca de qué debe ser observado o lo que él suponga deba ser relevante para el organismo. Si el nicho es el entorno, ¿cómo experimentar lo no experienciable? El nicho es una metáfora, un *desideratum* del observador, necesitado de clasificar y ordenar lo observado. La concepción del nicho es otro ejemplo de lo “concreto fuera de lugar”. Estos son términos prestados de empresas humanas, de la esfera de la economía, negocios o de la vida cotidiana. La unidad dinámica y emergente organismo-entorno - podríamos suponer “el nicho”- es básicamente no experienciable por el observador humano. Sólo se observan usos de recursos e interacciones, pero no es posible hacer una abstracción de un nicho sin el organismo de referencia y sin la red dinámica y emergente de interacciones locales. El nicho es autorreferencial, no experienciable. Por ello nos parece más apropiado el término *umwelt*, que tampoco es experienciable por el observador humano, pero al menos reconoce el sentido semiótico del accionar de los sistemas vivientes.

LA ESPECIE

En *El Origen de las especies*... Darwin no aborda en lo absoluto el origen de las especies. Ello es comprensible, pues la selección natural no es más que un mecanismo de preservación de variaciones favorables para los organismos. El tema de las especies, *per se*, es soslayado. El propio Darwin expuso su criterio acerca de las especies de la siguiente manera: “Miro al término especie como uno otorgado arbitrariamente, por apego a la conveniencia, a un agregado de individuos

estrechamente relacionados unos con otros”. La especie es la unidad de referencia para medir la biodiversidad de nuestro planeta. La especie es también el sistema autorreferencial desde el cual reconocemos nuestra identidad biológica y distinguimos otros sistemas semejantes y a la vez discontinuamente distintos al nuestro.

No casualmente Ernst Mayr sentenció, “la especie es la clave de la evolución”, mientras Brooks y McLennan (2002) la consideran la unidad básica del origen, diversificación y extinción de la biodiversidad. Aún más, para ellos, “La evolución es, en principio, el rastreo del origen de las especies”. Por su parte, Margulis y Sagan (2002) declaran a las especies la fragua donde se modela la génesis de la biodiversidad, la adaptación y las extinciones, mientras de Queiroz (2005) las reconoce como la unidad fundamental de la biología. El problema de la especie no consiste en la dificultad de aceptar su realidad ontológica, que es innegable, sino en identificar, delimitar y representar esa realidad ontológica a través de una concepción epistemológica universal. Lo cual, tal vez, no sea necesario, porque las especies, como fenómenos complejos, son susceptibles de múltiples lecturas e interpretaciones epistemológicas.³²

El modelo de evolución de los Equilibrios Puntuados (Eldredge y Gould, 1972; Gould y Eldredge, 1993; Gould, 2002), sugiere que la especie es un epifenómeno donde predomina el éstasis evolucionario (continuidad), seguido por períodos de cambio rápido, lo cual caracteriza la génesis de nuevas especies. Durante un largo tiempo se ha desarrollado la polémica de si las especies son clases o individuos.³³ Si algo es real, perceptible y definible, entonces, o es una clase de algo o un individuo concreto. Las clases no evolucionan; por consiguiente, las especies tienen que ser individuos. Esta es la concepción predominante. Pero, como en todo asunto complejo, jamás existen dicotomías agudas. Las especies no son ni clases ni individuos, y a la vez presentan características en común con ambas categorías. Obviamente, las especies no pueden ser comprendidas desde las perspectivas deductivas clásicas.

Gould y otros autores (resumen en Gould, 2002 y Ghiselin, 2005) consideran a las especies individuos evolucionarios (en el sentido que son individuos históricos), lo cual significa que son interaccionadores (con ello discrepamos, según hemos discutido). Según Wilson (1995), el linaje es otra perspectiva en la comprensión de cómo las especies pueden evolucionar. De Queiroz (1999, 2005) es conclusivo cuando asegura solucionar el problema de la especie con el concepto de linaje. Este autor define las especies como segmentos de linajes a nivel de población, limitados por ciertos eventos críticos acerca de los cuales no existe un consenso universal. Las especies son, desde este punto de vista, una colección unificada de linajes de organismos y, en consecuencia, si los organismos son las entidades que forman linajes, y los organismos son individuos paradigmáticos, entonces la analogía entre organismos y especies es aún mayor de la que podría ser inferida en un sentido filosófico. Los organismos y especies no sólo son organismos, prosigue de Queiroz, sino son clases muy semejantes de individuos, porque ambos son segmentos de linajes. Una especie es también una clase de organismos que conforma un segmento particular de linaje a nivel de población.

Pero no debemos dejarnos impresionar por la inmaculada lógica, porque en este caso mezcla entidades cuyo sentido básico pertenece a dos esferas distintas. Un organismo individual es ante todo un resultado del desarrollo, de la ontología. El organismo existe y se desarrolla porque interacciona. Una especie es ante todo un resultado de un evento filogenético, emergente de la divergencia de procesos de información dentro de linajes. Kluge (1990) destaca que las especies solamente representan individuos históricos, mientras Eldredge (1989, 1993, 1999) ubica a las especies en la jerarquía genealógica (es decir, en la esfera digital, de la información). Así, las especies no forman parte de los sistemas económicos de la naturaleza (la esfera análoga, de los interaccionadores).

La especie existe mientras existan individuos que compartan el mismo sistema de información. Una especie no es equivalente a un organismo, cuya individuación no es sólo digital, sino análoga. El sistema organizmático está

individualizado por constreñimientos desde abajo-hacia-arriba y desde arriba-hacia-abajo. La especie no ejerce este último tipo de constreñimientos sobre sus miembros o, en última instancia, lo ejerce de manera muy diluida, casi metafórica, y siempre en el sentido de semejanza de acción en el mundo por semejanza de representación del mundo. Sin embargo, el *umwelt* de cada organismo es también un resultado emergente del contexto local donde vive, no se construye exclusivamente sobre la base de la información compartida. De otra manera, no fuera posible la divergencia semiótica.

Las poblaciones separadas de una misma especie pueden exhibir interacciones no idénticas con sus respectivos ambientes locales. De hecho, la especiación ocurre porque los linajes tienen la libertad de cambiar desde-abajo-hacia-arriba, y sus códigos digitales terminan divergiendo del de sus antecesores. Un organismo no se trasmuta a sí mismo en otro organismo, pero al menos un linaje componente de una especie puede dar origen a otro linaje, por divergencia semiótica y genética. Wilson (1996) también impugna la idea de las especies como unidades de evolución, y las cualifica de unidades de equilibrio, de éstasis, según sugiere el modelo de equilibrios puntuados. Eldredge (1999) acuñó el término que son los organismos y las poblaciones locales los interaccionadores en la naturaleza. No existe un sistema biótico a escala de una especie (excepto si la especie de referencias conforma una población única en un tipo de hábitat también único) dentro de los cuales las especies jueguen un papel semejante al de las poblaciones locales. La única excepción es nuestra propia especie -precisa Eldredge- la cual ha construido un sistema económico típicamente humano, dentro del cual literalmente vive o -apuntamos nosotros- apenas sobrevive, según el caso.

El concepto de especie-individuo emana de ver en la evolución un proceso continuo (Lambert *et al.*, 1987). Las especies son definibles a través de las actividades de los organismos. Estas actividades son múltiples y pertenecen a distintos niveles de la ontología y la historia de los linajes: ecología, cohesión, reproducción, reconocimiento de los semejantes, etc. El debate de clase/individuo

está relacionado con el pensamiento poblacional y el cambio continuo. El modelo de los equilibrios puntuados posibilita un viraje de este panorama. Resulta evidente que este modelo ofrece al mismo tiempo la continuidad de cambio variacional en el tiempo (éstasis evolucionario o anagénesis), y la ruptura o *transformación*. El equilibrio puntuado es, simultáneamente, una concepción de unidad de lo variacional y de lo transformacional. De este modo, el modelo representa el desarrollo de un sistema disipativo infodinámico (el linaje) a través de fluctuaciones dentro de un equilibrio metaestable, hasta alcanzar la fase de bifurcación o transformacional, o sencillamente afrontar la extinción. El patrón de este proceso no significa que *todas* las poblaciones locales de una especie permanezcan en éstasis y que después *todas* estas mismas poblaciones cambien rápidamente. De ser así, las especies fueran, *realmente*, organismos. Este patrón sólo indica que la *especiación* suele ocurrir en poblaciones pequeñas, y en un período relativamente abrupto.

Lewin (1995) cataloga a las especies de *atractores* en un espacio de parámetros morfogenéticos en un sistema dinámico. Por su parte, Goodwin (1998) asegura que las especies son instancias de “leyes de forma universales”. Ello las convierte en *clases naturales* (ver nota 29). Estas leyes tienen poco o nada que ver con la selección natural. No son resultados de leyes variacionales, sometidas a selección, sino consecuencias de una metaestabilidad luego de una bifurcación dinámica hacia un nuevo atractor morfogenético. La simple herencia, sin la cohesión de atractores, no es suficiente para explicar la persistencia de los linajes en el espacio y el tiempo. Sin embargo, las especies son el resultado de la evolución; por consiguiente, representan clases particulares de un tipo de cohesión dinámica estructural e informacional. Las especies son también individuos históricos, y los accidentes históricos, las contingencias en la alteración del código digital, también incitan el fluir hacia otros atractores morfogenéticos-semióticos. Los atractores morfogenéticos se encuentran embebidos en atractores semióticos y viceversa.

Desde un punto de vista coherente con la semiosis, Stamos (2002) semeja las especies más a lenguajes que a individuos. Los lenguajes cambian mientras

permanecen los mismos, y en tanto que sistemas de comunicación, constituyen también sistemas autorreferenciales y autoorganizados, de representación del mundo. En adición, los lenguajes exhiben diversidad y estructuran “poblaciones lingüísticas”. Feyerabend (1975) razonó que los lenguajes no son meramente instrumentos para describir eventos, sino en sí mismos son modeladores de eventos. La gramática de los lenguajes contiene una cosmología, una visión comprensiva del mundo, de una situación real que influye en el pensamiento, la conducta y la percepción. El filósofo se refería al lenguaje humano, pero, en sintonía con la analogía de Stamos respecto a las especies, percibimos semejanzas. El “lenguaje” informacional compartido por todos los organismos de una especie crea, en efecto, un tipo particular de referencialidad, modelador de acciones en la arena ecológica, al mismo tiempo que les imprime un sello distintivo.

Lenguajes y especies ostentan propiedades emergentes, no existentes ni a nivel de organismos ni a nivel local, lo cual no quiere decir que sean necesariamente sistemas, porque no actúan de conjunto, tienen independencia. La cohesión está dada por semejanza de componentes o atractores dinámicos de sentido o de variaciones alrededor de un tema. Trask (1996) define así al lenguaje: “un sistema de relaciones entre elementos lingüísticos”. Es posible ver una equivalencia entre esta definición y una especie, preceptuada como un sistema de relaciones semióticas, lo cual, igualmente, conforma un lenguaje. Los individuos de una especie se pueden entender una vez que se perciben, al margen de la procedencia espacial y temporal de los mismos, a menos que sus respectivos “lenguajes” locales se encuentren en un proceso de divergencia. Cada especie es un segmento del lenguaje universal de la vida, demarcado en un dialecto local.

De acuerdo con Lass (1997), el lenguaje no es algo que las personas hacen, sino algo que les sucede a sus lenguas. Los parlantes son “externos” al lenguaje. Del mismo modo, las personas, según vimos en el Capítulo anterior, son entorno de la sociedad. Y la sociedad es un sistema de comunicación e información. Los organismos son, en cierta forma, “externos” a las especies, pues en realidad

conforman sus entornos, si también consideramos que las especies representan sistemas de información genética y redes semióticas. Los componentes de un organismo existen “para” el organismo, pero los organismos no existen “para” la especie, sino “para” sí mismos, en primera instancia, y “para” el linaje.* De igual modo, cada ser humano existe “para” su sociedad local en primera instancia, no “para” toda la especie. Lo que ocurre en la actualidad es que la globalización económico-cultural hace cada vez más interdependientes las acciones individuales de cada sociedad local. Y por lo tanto, cada ser humano se encuentra cada vez más afectado por las acciones del sistema socio-cultural humano global, y de sus constreñimientos desde-arriba-hacia-abajo. En el parecer de Stamos, las lenguas son también entidades evolucionarias, y su analogía con las especies y su evolución es demasiado estrecha para ser ignorada.

Los organismos son un sistema. Las especies no son un sistema interaccionador tipo organismo, sino semiótico. La cohesión en poblaciones locales de organismos es a través de la interacción; pero la cohesión de la especie en cuanto a sistema de poblaciones es por preservación de la información, que construye una representación del mundo y una manera de accionar con él relativamente homogénea. Esta representación común, en potencia, es susceptible de ser interpretada y ejecutada por organismos pertenecientes a poblaciones separadas. La independencia de las poblaciones de una especie evita su extinción total ante desastres locales o regionales. Sin embargo, la semejanza de la representación del mundo y del accionar con el mundo de sus individuos componentes, puede conllevar a la extinción total ante cambios globales drásticos en el escenario

**Lo primero que uno piensa es que cada organismo vive “para” sí mismo. Eso no deja de ser cierto. Pero sólo insinúa una parte de la verdad. Ese organismo “egoísta” no brotó de la nada. El es un componente de una red de redes planetaria, más específicamente de un linaje, que a su vez es una hebra de esa compleja red ecuménica. Desde el punto de vista infodinámico, un organismo es una organización propagativa, y ello tiene una connotación exorreferencial. El “sentido” supremo de un organismo es el de dejar su huella, el de producir otros organismos. De este modo, es perfectamente legítimo consignar que un organismo vive para su linaje, a partir del cuál fue engendrado, del cuál es un componente actual y al cuál contribuirá en su extensión en el tiempo.*

ecológico. En tal caso, no les resulta posible a las poblaciones locales una reestructuración de su representación del mundo y de la adecuación correspondiente. La interacción y el cambio de los organismos embebidos en poblaciones en contextos locales son también susceptibles de cambios en su dinámica y en sus propiedades, sujetas a selección y a herencia. Las representaciones del mundo comienzan a cambiar, y la red semiótica, el “lenguaje” evoluciona: se originan nuevas especies.

El lenguaje es más plástico que el hablar de los individuos que lo hablan. En ese mismo sentido una especie, mas que *unidad* genotípica, que sí lo es un individuo, es una *diversidad* emergente genotípica. El cambio de los individuos es transformacional; el de las especies, mientras siguen siendo la misma clase de entidad, es variacional, emergente del conjunto de poblaciones que la integran. Darwin (1871) reveló un vislumbre semiótico de las especies: “La formación de diferentes lenguajes y la de las distintas especies...son curiosamente las mismas....La supervivencia o preservación de ciertas palabras favorecidas en la lucha por la existencia es la selección natural”. Por supuesto, los cambios en el lenguaje son básicamente autorreferenciales, al igual que en las especies, mientras para Darwin la selección natural era una fuerza que emerge del ambiente. No obstante, es innegable que el gran naturalista tuvo la intuición.

Todos los organismos son parte de alguna especie. Al menos ese es el consenso. Sin embargo, Sonea y Panisset (1983) declaran un ejercicio obsoleto el reconocimiento de especies en las bacterias, siendo éstas realmente un superorganismo con un reservorio común de genes. Margulis y Sagan, bajo un criterio similar, tampoco reconocen especies en las bacterias. En su percepción, la especiación comenzó con los primeros organismos eucariotas, con la simbiogénesis. Como ninguna bacteria ha evolucionado por la integración de células anteriormente independientes, las bacterias no forman especies. Las bacterias forman un gran retículo de organismos que intercambian libremente información genética, y lo hacen de la manera más promiscua que sea dable concebir. Las bacterias “hablan” un esperanto universal.

Acinas *et al.* (2004) también consideran inadecuado cualquier concepto de especie para describir unidades naturales en la diversidad microbiana. Abogan por pruebas rigurosas de la determinación de agrupamientos de “tipos ribosomales”, por su persistencia y congruencia con la formación de grupos ecológicos. Blaxter (2004) expone su preocupación acerca del cómo determinar, bajo el criterio de diferencias en la proporción de genes compartidos, especies bacteriales. De cualquier manera, consiente la posibilidad de reconocer un núcleo más o menos distintivo de genes coevolucionantes, a partir del cual se pudieran discernir linajes divergentes específicos, es decir, especies. Respecto a los virus, Eigen (1993) concibe en ellos al menos “cuasiespecies”. Sin embargo, Van Regenmortel (1997) no se anda por las ramas y endosa a los virus la categoría de verdaderas especies, porque tienen genoma, se replican y exhiben una especificidad ambiental. Lo insólito es que no los considera seres vivientes.

Por otro lado, Moreno (1997) admite la existencia de especies entre las bacterias. No obstante, acepta lo dificultoso de distinguir si las bacterias constituyen unidades de evolución independientes o reticuladas, debido a la gran promiscuidad genética. Según Moreno, muchas propiedades permanecen constantes en especies bacteriales y esa cohesión mantiene su individualidad como linajes evolucionarios independientes. Giovannoni (2004) fundamenta la organización de “colectivos ecológicos”³⁴ o especies “ecotipos”; es decir, unidades ecológicas cohesivas, de acuerdo a lo inferido a partir de semejanzas y discontinuidades en el sitio 16S ribosomal. Giovannoni se pregunta si el tan pródigo intercambio horizontal de genes es capaz de provocar disrupciones en la emergencia de distintos grupos de fenotipos. Sin embargo, los patrones de evolución del ARNr no son al azar, y sugieren la acción de la selección para promover poblaciones de bacterias compartidoras del mismo *nicho* y que, para todos los intentos y propósitos, pudieran ser consideradas especies.

Dykhuisen (2005) sostiene un punto de vista similar. Las bacterias parecen intercambiar genes dentro de las especies, pero ello no suele ser muy común entre

supuestas especies diferentes. Para este autor, las especies en las bacterias conforman grupos de individuos donde la transferencia lateral de genes observada dentro del grupo es mucho más intensa y frecuente que entre grupos. En su opinión, la percepción de especies en bacterias puede ser defendida en vías semejantes a la de otros organismos. El paralelismo entre las especies entre las bacterias y entre los organismos eucariotas ocurre porque las especies constituyen entidades reales y se encuentran causadas por la misma fenomenología biológica básica en todos los casos. No obstante, reconoce que aún no tenemos un discernimiento nítido de cual sería tal susodicha biología básica. La cifra estimada de especies bacterianas resulta escalofriante, pues pudiera sobrepasar tranquilamente los mil millones.

No parece difícil caer en la tentación del puro razonamiento lógico en el caso de las especies: si todos los organismos son seres vivos, y todas las especies están conformadas por grupos de organismos, entonces todos los seres vivos son parte de alguna especie. Si los “lenguajes” de ciertas especies son mucho más distendidos y poseen más idiolectos que el de otras, ello no es más que un detalle contingente. Pero también es razonable asumir la existencia de clases de organismos compartiendo un código digital con muchos componentes semejantes, pero no lo suficientemente clausurado para formar especies en el sentido usual. Algunos autores consideran que en determinadas fases de la especiación habría organismos que no pertenecen a ninguna especie. A menos que la especiación pueda ser un evento prácticamente instantáneo. El tópico continúa abierto.

LA ESPECIACIÓN. UN AXIOMA TAL VEZ NO DEMASIADO OBVIO

“Los hechos que hacen al éstasis fácil de explicar convierten, por los mismos motivos, a la especiación en difícil de explicar”. Le asiste a Sterelny (2001) toda la razón. Los procesos más ampliamente aceptados de origen de nuevas especies son

el de aislamiento geográfico de poblaciones o vicarianza. De igual modo es popular una variante, el de aislamiento geográfico o ecológico de poblaciones pequeñas, también llamado de aislados periféricos. En sentido general, la idea es la formación de nuevas especies a partir de poblaciones fragmentadas del sistema de poblaciones de la especie madre. Así, las poblaciones separadas evolucionan de manera independiente. El patrón de equilibrios puntuados es congruente con ello y también explica por qué estas formas “transitorias” no aparecen en el registro fósil (Gould, 2002). En cualquier caso, la divergencia de linajes ocurre debido a la acumulación de mutaciones. En determinado momento, el código digital de la población en evolución ya no es compatible con el de la población progenitora y emerge una nueva entidad infodinámica sobre el planeta.

Margulis y Sagan (2002) aceptan la variación de caracteres por mutación aleatoria, e incluso la existencia de concordancia entre fluctuaciones del ambiente y la variación observada, pero las evidencias de especiación por esa vía no se les antojan convincentes. Dichos autores son inflexibles cuando aseveran: “La acumulación de mutaciones no conduce a nuevas especies y ni siquiera a nuevos órganos o tejidos. No existe evidencia no ambigua que muestre que la mutación al azar en sí misma, aun con aislamiento geográfico de poblaciones, conlleve a especiación. Las mutaciones al azar refinan y alteran, pero no producen cambios a nivel de especie”. Algunas críticas al darwinismo aducen que la complejidad biológica no es atribuible a la acumulación de mutaciones o la selección natural. Ello nunca ha sido demostrado empíricamente y constituye más bien una deducción de la filosofía naturalista (Morrone, 2003).

Margulis y Sagan proclaman que la especiación sólo es posible a través de la simbiogénesis. En consecuencia, todas las especies eucariotas son simbiogénicas. La simbiogénesis puede ser una de las causas del persistente patrón de equilibrios puntuados en el registro fósil. Este fenómeno, que involucra la reorganización integrada de genomas, provoca una discontinuidad transformacional, supuestamente rápida. Ello resulta consistente con una

puntuación, una bifurcación hacia un nuevo estado de orden. La simbiogénesis es un proceso coevolucionario, de causalidad interaccional. La especiación es la adquisición e integración de genomas y se originó con los organismos eucariotas, que son un resultado de la simbiogénesis. La simbiogénesis es la fuente de nuevos organelos, tejidos, órganos, organismos y especies. La herencia de genomas adquiridos es la mayor fuente de novedades evolucionarias, desafían Margulis y Sagan.³⁵

Ryan (2002) distingue dos niveles de simbiosis: la *exosimbiosis*, que involucra coevolución de conductas o compartición de metabolitos y otros recursos, y la *endosimbiosis*, cuyo resultado es la interacción e integración a nivel de genoma. La simbiogénesis es una fuerza evolucionaria derivada de la interacción de diferentes especies; es la fuerza creativa, no la selección natural. Ryan y Margulis y Sagan, aseguran que la simbiogénesis produce un incremento inevitable de la complejidad. Cada cambio simbiótico incrementa la complejidad, incremento que se manifiesta a sí mismo en un patrón de equilibrio puntuado. El concepto de simbiogénesis estremece el sólido paradigma acerca del origen de los diferentes grupos taxonómicos y de toda la propia vida a partir de un antecesor común único. Es decir, el principio que los grupos naturales deben ser monofiléticos.

Al respecto, Gordon (1999) alertó: “El árbol universal de la vida probablemente tenga muchas raíces.... Los genomas de los organismos vivientes son altamente complejos y es aparente que, mientras más aprendemos acerca de ellos, más complejos encontramos que son”. Las evidencias sugieren que en el origen de muchos taxones de alta categoría está implicada la simbiosis en diferentes linajes o incluso especiación convergente en poblaciones muy separadas, lo cual es congruente con los criterios de Williamson (1993, 2001), Ryan y Margulis y Sagan.³⁶ Desde esta perspectiva, el árbol de la vida ya no sólo exhibe exclusivamente ramas divergentes, sino una estructura enmarañada de anastomosis y divergencias. La propia base de la vida eucariota va aún más allá de esta imagen; es un complejo “anillo de la vida” (Martin y Embley, 2004; Rivera y Lake, 2004), del cual brotan

prolongaciones genealógicas, consecuencias de la fusión de genomas y de la transferencia horizontal de información genética.

Llorente *et al.* (2003) resumen el pensamiento dominante respecto a la especiación: “La evolución parece ser un proceso principalmente divergente. Los casos de fusión de linajes parecen ser sólo una posibilidad teórica”. Meyer (2004) también lo refleja: “El mecanismo geográfico de la especiación, en el cual poblaciones primariamente entrecruzables son prevenidas de hacerlo por barreras geográficas, se piensa generalmente que es el mecanismo más común de especiación. La idea recibe mucho soporte empírico”. Por el contrario, el origen de nuevas especies por simbiogénesis implica básicamente la aceptación del modelo de especiación simpátrida. En este modelo se asume el desarrollo de especiación sin aislamiento geográfico aparente, debido, verbigracia, a selección disruptiva, resultado de usos muy específicos de recursos o de una ecología divergente. Otro proceso sería la emergencia de un nuevo genoma integrado mediante la simbiogénesis. Este modelo de especiación se ha contemplado casi siempre con marcada ojeriza por una vasta mayoría de evolucionistas y biogeógrafos. El beneplácito extendido del mismo implicaría relegar la especiación alopátrida a la explicación causal de tal vez ciertos casos particulares. En otras palabras, significaría una remoción casi total del paradigma predominante, un desplazamiento del trasfondo -parafraseando a Kauffman- del cuadro al primer plano.

No obstante, existen antecedentes de reflexiones al respecto. Bush (1994) piensa que la especiación simpátrida podría ser mucho más común de lo asumido en insectos, ácaros y nemátodos. Estos grupos, casualmente, contienen la abrumadora mayoría de las especies vivientes. Rosenzweig (1997), basado en evidencia fósil, presupone de crucial a la especiación simpátrida en la irradiación de formas innovadoras de la vida, pero a continuación refrenda a la especiación geográfica como el evento predominante, lo cual ilustra con los peces. Alrededor del 36% de las casi 20 000 especies de peces viven en aguas dulces, aunque sólo el 1% de la superficie del planeta está cubierta por este líquido. Para Rosenzweig, la

fragmentación de los cursos fluviales en todo el ámbito planetario parece evidencia inexpugnable a favor del predominio de la especiación geográfica. No parece descabellado suponer lo contrario, y achacar entonces la desbordante diversidad de peces dulceacuícolas, en tan poca superficie líquida, principalmente a la existencia de especiación simpátrida. Por su parte Meyer (2004) comenta, “La especiación simpátrida, ... es, de manera creciente, considerada responsable para el origen, al menos, de una minoría de especies”. Nos parece una aquiescencia reluctante, pero aquiescencia al fin y al cabo.

La especiación simpátrida es el proceso más razonable cuando se piensa en una discontinuidad o puntuación evolucionaria rápida. La especiación es la consecuencia de la divergencia y reestructuración de los genomas. Eso es cierto; pero esta divergencia no es lineal, sino reticulada. La distinción y exclusividad del genoma de cada especie es el resultado de una divergencia emergida no sólo por acumulación de mutaciones, sino por fusiones e integración de genomas de organismos diferentes o aportados por virus y bacterias. “La simbiosis hace posible la expansión de la vida hacia lo que hasta el momento eran ecologías oscuras y hostiles de los ambientes acuáticos o terrestres”, expresan convencidos Margulis y Sagan. Es posible concebir la simbiosis como un proceso reductor de gradientes, de evolución hacia lo adyacente posible, del siguiente resplandor de creatividad cernido a un paso de lo actual, pero que no es dable preestablecer, sino sólo registrar e intentar comprender una vez que ocurre. Rememorando a Darwin, Margulis y Sagan proponen: “Hay una grandeza, también, en esta visión de la vida. Incontables formas y variación se originan no justamente como un proceso gradual y al azar, sino repentina y vigorosamente, por el acoplamiento de extraños y la implicación e inclusión de otras entidades virales, bacteriales y eucarióticas- en genomas cada vez más complejos y entrecruzados”.

La simbiosis es un poderoso atractor de la vida y es probablemente el más poderoso motor de la coevolución, de la evolución misma. Zimmer (2000) afirma de manera adamantina que el conflictivo (desde el punto de vista epistemológico)

parasitismo no sólo pudiera ser una fuerza dominante, sino justamente la dominante, en la evolución orgánica. Matzinger (2002) sugiere la evolución del sistema inmune no un proceso para defender el *ser* del *no ser*, sino para reconocer señales de peligro dentro del cuerpo. Así, en la propia autoorganización de la vida está implícito, no el rechazo de lo “otro”, sino por el contrario, la integración, consustancial a su propio dinamismo y orden espontáneo. A través de los conos de la evolución, los cuerpos vivientes no han dudado en fusionarse completamente entre sí, genomas incluidos. Por tal eventualidad, todos los organismos somos engendros genéticos emergentes, verdaderas quimeras genómicas que co-construyen un sistema orgánico particular, compartiendo el cuerpo y sus genes con virus, bacterias, protoctistas y helmintos. La identidad principal de la vida radica en la atracción coevolucionaria. El parasitismo, la simbiosis, son los *atractores dinámicos básicos de la vida*, conduciendo de manera incansable a los sistemas vivientes hacia lo nuevo, lo emergente y lo complejo (García y Fontenla, 2004). La simbiosis, y su consecuencia más dramática, la simbiogénesis, aleja a la vida del equilibrio termodinámico, y la conduce un paso más allá de lo actual, hacia lo “adyacente posible”.

Según cálculos de Jablonski (2004), más del 99% de todas las especies que jamás hayan existido se han extinguido. La cifra es impresionante, abrumadora. Estimados relativamente conservadores establecen la posible existencia en la actualidad de unos 30 millones de especies (algunos consideran hasta 100 millones). Parece casi alucinante consignar que, en la historia de nuestro sufrido y hermoso planeta deben haber medrado de una forma o de otra unas 30 mil millones (tal vez hasta 100 mil millones, en dependencia de los criterios) de clases distintas de seres vivientes. De manera usual, la extinción está asociada con alteraciones y disrupciones de los habitats originales de las poblaciones. Sin embargo, es justamente el aislamiento de las poblaciones el mecanismo invocado para explicar el proceso de divergencia y el origen de nuevas especies.

De acuerdo con lo anterior, sería necesario asumir que la especiación sólo

es posible en aquellos casos cuando, en primer lugar, los organismos mantienen su adecuación ante los rápidos cambios ambientales provocados por el aislamiento y que, en adición, dichos cambios estimulen de alguna manera la divergencia genética. Las evidencias en la mayoría de los casos suelen ser ambiguas. Lo que observamos es el resultado de procesos históricos entre redes de organismos, la dinámica interna de los propios organismos, las fluctuaciones del ambiente, independientes de esta dinámica, y las interacciones e influencias mutuas entre todos estos elementos. Por ejemplo, las áreas de mayor concentración de diversidad biológica en el planeta, ubicadas en la Amazonia, ofrecen una historia compleja de ciclos de contracción y expansión de habitats, y estos ciclos están asociados lo mismo a eventos de extinción que de especiación (Haffer, 2003). En estos casos, el aislamiento geográfico es lo mismo cuna para la especiación que arena para el aniquilamiento.

Los eventos de mayor repercusión sobre la biota del planeta han sido las extinciones masivas, en particular las “cinco grandes”, que marcan la transición entre los períodos Ordovício/Silúrico (76% de biota extinta), Devónico/Carbonífero (82%), Pérmico/Triásico (96%), Triásico/Jurásico (76%) y Cretácico/Terciario (76%). El registro fósil indica que generalmente sobreviven especies con amplias distribuciones o tolerancias ecológicas. Y entre ellas se encuentran, naturalmente, las fundadoras de nuevos linajes. Shiermeier (2003) admite que después de las grandes extinciones se originan gran número de especies. La Tierra vuelve a poblarse lo más rápida y abundantemente posible, una vez amortiguadas las condiciones extremas, causantes de las grandes avalanchas mortales. Pero el patrón prevaleciente es la divergencia de linajes ocurriendo en un espacio biótico en expansión, no en contracción. El repoblamiento después de las grandes extinciones implica una reintegración de las redes bióticas. En estas condiciones, la especiación debe haber ocurrido en amplias áreas con ecología heterogénea y sin límites geográficos bien definidos entre poblaciones (Levins y Lewontin, 1985).

Después de las grandes extinciones la vida se expande de nuevo hacia lo adyacente posible, a llenar los vacíos infodinámicos. La reestructuración de la biota sugiere integración, coevolución, no aislamiento. En este escenario encaja muy bien la especiación por simbiogénesis, la coevolución, la emergencia de novedades y creatividad evolucionarias, la atracción de la vida por la vida. La vida es un atractor de sí misma. La simbiogénesis y la coevolución son maneras muy efectivas y rápidas de reducir posibles gradientes termodinámicos, de rellenar vacíos, de impedir el congelamiento y la simetría deletérea del equilibrio. Margulis y Sagan no admiten otro proceso de especiación que no sea la simbiogénesis. Su argumento es poderoso y sus consecuencias omnipresentes: todos los organismos eucariotas somos, de una forma u otra, consorcios simbióticos. Aun las bacterias se organizan en simbiosis ecológicas y su liberalidad en intercambiar genes las convierten de hecho en asociaciones genéticas, tan efectivos o más que los eucariotas, al menos desde el punto de vista de la diversidad de metabolismos.

La especiación exclusiva tan típica en muchas áreas insulares o zonas caracterizadas por historias complejas de ciclos de expansiones y fragmentaciones sucesivas de hábitat, resulta muy congruente con la divergencia de linajes en aislamiento. Pero ello tampoco descarta la especiación por simbiogénesis. El primer modelo requiere de eventos de aislamiento geográfico o ecológico, o una combinación de ambos. Si tenemos estas evidencias, unida a especiación local, asumimos, sobre la base de una perspectiva teórica particular, una relación de causa-efecto. El aislamiento geográfico o ecológico constituye, entonces, la causa eficiente de la especiación o, al menos, la causa eficiente de la causa eficiente, que son las mutaciones. Ese es el patrón que cumple nuestras expectativas, por ende resulta el patrón a verificar o contrastar contra sí mismo. Esperamos que el aislamiento produzca especiación, de este modo, si observamos especiación en aislamiento, aquella es una consecuencia o efecto de éste. Esta relación de causa-efecto es una *construcción epistemológica* sobre una relación congruente con una *representación del mundo*, en la cual ajustamos a las observaciones. Pero no hay nada en estas asociaciones asumidas que nos garanticen la realidad de las bases

ontológicas de la posible relación causal.

Las situaciones de especiación en aislamiento geográfico, al menos en teoría, no tienen por que refutar una versión explicativa simbiogenética para la especiación. Por el contrario, son de esperar nuevos procesos de coevolución en aislamiento. La divergencia genética *per se* no refuta la simbiogénesis. La simbiogénesis es contrastable *ontológicamente*, si se descubren relaciones simbióticas exclusivas. La corroboración de simbiosis exclusivas, es decir, de genomas integrados coexistentes de manera irreversible, podría refutar la especiación por acumulación gradual de mutaciones. La expectación de que un suceso sigue al otro no se encuentra en los objetos mismos, sino sólo en nuestras conciencias. Y la expectación es una consecuencia del hábito de alentar en cómodos paradigmas.

Precisemos. Cuando observamos la conjunción de aislamiento espacial con la acumulación de especies exclusivas en un área aislada determinada, inferimos que el origen de estas nuevas especies es un efecto de una causa eficiente, el aislamiento geográfico/ecológico. Asumimos así que tenemos evidencias sobre los efectos. Pero no tenemos evidencias directas sobre las causas reales de la especiación, excepto la divergencia morfológica, genética o semiótica. La especiación es evidencia de divergencia. La divergencia podría ser consecuencia de causas múltiples. La simbiosis, a la vez que implícita fusión, al mismo tiempo engendra divergencia, pues el resultado de la simbiogénesis es una entidad diferente de aquellas que ha emergido. Una vez más, el tema queda abierto.

COMPLEJIDAD, EXTINCIONES Y GAIA

La elevada conectividad de las redes locales ecológicas, de las redes de coevolución, generan grandes avalanchas de bucles de retroalimentación positiva si son desestabilizadas más allá de su capacidad de resiliencia. El sencillo modelo del

montículo de arena es una imagen muy ilustrativa de estos procesos. Semejante a los eventos del montículo, las avalanchas grandes (extinciones masivas) son menos frecuentes que las menores (la llamada extinción “normal” o de fondo) y la magnitud de cada una es impredecible. Las extinciones masivas son a la vez desestabilizaciones masivas operando desde arriba-hacia-abajo, al remover depredadores y consumidores, y desde abajo-hacia-arriba, al desaparecer productores primarios. Ante cambios abruptos, factores significativos en tiempos de fluctuaciones “normales” (talla, distribución, modo de reproducción, riqueza en especies etc) no cuentan (Jablonski, 2004).

Las extinciones masivas son grandes pulsos, puntuaciones, discontinuidades, y la puntuación pudiera ser una propiedad intrínseca de una entidad evolucionaria, menos dependiente de contingencias externas de lo que hasta ahora se había asumido (Fontana y Shuter, 1998). Tal vez no sea necesaria la búsqueda a ultranza de agentes externos, verbigracia, grandes asteroides, para explicar la misteriosa desaparición de algunos grupos, en conjunción con la aún más misteriosa supervivencia de otros (Fortey, 1998; Bak, 1999). Lo cual no significa que estos eventos no afecten la dinámica natural de la vida. Fortey (1998) y Bowler (2003) presuponen la acción de causas endógenas como explicación principal para las grandes extinciones del Pérmico y el Cretácico. Por su parte, Jablonski (1997) expresa que el patrón y magnitud de las consecuencias biológicas de los impactos continúa siendo un tópico de caldeados debates. En su criterio, las evidencias de relaciones simples y unitarias de causa-efecto en sistemas complejos son escasas. Un único factor de gran fuerza, digamos un impacto meteorítico, podría tener efectos radicalmente diferentes, en dependencia del estado del sistema en el momento de la perturbación. Por otro lado, un único patrón de extinción podría ser igualmente consistente con todo un reparto de factores de fuerza potenciales.

De acuerdo con Gell-Mann (1998), las puntuaciones podrían representar transiciones de fases, mientras la estabilidad estaría relacionada con la acción de atractores. En sistemas dinámicos autoorganizados son de esperar períodos de

éstasis puntuados por períodos de cambio. Los sistemas de este tipo combinan el orden y el caos; exhiben la capacidad de recordar el pasado y preservar lo que han aprendido durante el éstasis (la memoria del linaje), mientras evolucionan durante brotes intermitentes de actividad (Bak, 1999). En la opinión de Bak, el catastrofismo es un reflejo de la concepción de un mundo lineal en equilibrio. Las extinciones masivas en esa concepción requieren de fuerzas externas, de grandes causas eficientes, lo cual es típico de concepciones mecanicistas, dualistas y reduccionistas; pero no así en la concepción de un mundo autoorganizado. En un mundo complejo, las crisis o fluctuaciones, al igual que las grandes extinciones, son inevitables.

Nash (1995) está convencida de que las extinciones masivas no requieren ni cometas ni volcanes para desencadenarse. “Estas extinciones emergen a partir de la estabilidad intrínseca del sistema en evolución, y una eficacia o adecuación superior no suministra seguridad. Tal vez alguna ventaja temporal de una especie sobre otra pudiera ser suficiente para descalabrar un ecosistema entero”. Este panorama resulta semejante a la dinámica del montículo de arena. Por su parte, Kauffman (1996) aduce que estos patrones de especiación y extinción son de esperar en todo sistema caótico, mientras Bak (1999) concluye: “Los estados autoorganizados caóticos y fluctuantes, no son el mejor estado posible, pero sí son el mejor estado dinámicamente alcanzable”. Y como no son el mejor estado posible, son de esperar, por consiguiente, avalanchas desestabilizadoras.

Recientemente, el tema de las grandes fluctuaciones de la biosfera ha recobrado un gran interés. Rohde y Muller (2005) han encontrados ciclos recurrentes de 62 ma de ascensos y depresiones en la biodiversidad marina planetaria, y sugieren que las “cinco grandes” parecen corresponder con estos vaivenes. En realidad, no existe una explicación satisfactoria para estos ciclos. No obstante, se persiguen posibles relaciones con fuerzas externas a las interacciones de la propia biosfera, las cuales abarcan, desde perturbaciones cósmicas, ciclos de vulcanismo, cambios en la rotación del eje de la Tierra y cascadas de cometas o

meteoritos hasta grandes impactos aislados. Por su parte, Kirchner y Weil (2005) sostienen que la biodiversidad global “es un tapiz que se teje a sí mismo, por consiguiente, los ciclos de 62 millones de años en la diversidad de los fósiles no necesitan ser generados por ciclos similares en factores conducentes externos. En lugar de ello, la biodiversidad podría oscilar como un péndulo, con un ciclo rítmico que estaría gobernado por su propia dinámica interna, mejor que por fuerzas externas rítmicas”. Nuestra empatía con la complejidad nos impele a valorar significativamente esta última interpretación.

La integración global de las redes locales de la vida sobre el planeta genera un grandioso retículo autoorganizado y autorregulado, alejado del equilibrio. La hermosa imagen de esta magnífica red de redes es Gaia, la diosa de la Tierra. En palabras de Lovelock (2003), Gaia es un proceso emergente, imposible de abordar por reduccionismo. Por ejemplo, algunas peculiaridades de la atmósfera de la Tierra son debidas exclusivamente a los procesos originados por la materia viviente. El metano coexiste en la Tierra con el oxígeno a una concentración 10^{35} más elevada que la esperada. El monóxido de carbono, el nitrógeno y el óxido nitroso son 10, 10 mil millones y 10 billones de veces más abundantes de lo que debería ser en un planeta sin vida. El límite del caos es vislumbrado como un gran estabilizador, un meta-atractor: Gaia. Si el sistema ha alcanzado un punto de reposo en el límite del caos, una sacudida medioambiental podría empujarlo hacia el régimen caótico: hacia la especiación o hacia la extinción o, sencillamente, hacia la creatividad.

Lovelock no contrapone a Gaia y al darwinismo, sino la ubica en un contexto de ampliación de estas ideas. La selección natural, aunque es un proceso local, contextual; al mismo tiempo, *como proceso*, se extiende y se hace global, y por consiguiente provoca emergencias globales. Ningún ensamble biótico se encuentra por completo aislado de otros ensamblajes semejantes. Cada red local emite y recibe hebras de otras redes locales. Como un resultado de esta gran interconexión, las autoorganizaciones locales suscitan emergencias autoorganizadas y autorreguladoras a nivel planetario. Esta gran red de sistemas

vivientes se infiltra en el subsuelo y conforma una gran malla que literalmente se embebe sobre toda la superficie sólida y líquida del planeta, abarcando en adición una parte de la atmósfera. Este magnífico retículo es la biosfera, el tapiz viviente del planeta azul, la fértil Diosa Gaia. *Y la sociedad humana se encuentra embebida en la biosfera, es parte de ella y establece en ella relaciones mutuas y bucles recursivos multicausales reticulados. Sociedad y biosfera no conforman un sistema dicotómico, sino co-constructivo.* La metáfora del planeta viviente es una advertencia nítida de que somos parte de la biosfera y que debemos preservar su no-linealidad, su diversidad reticulada y heterárquica y, por lo tanto, su capacidad de autorregulación. En todo ello radica y sin pudor hacemos uso del más arcaico término aristotélico- nuestra propia esencia.

Uno de los análisis insoslayables en la evolución es la contrastación o no de una tendencia en la vida hacia la complejidad o el progreso. Por supuesto, tal análisis se centra básicamente en el hecho que existen seres inteligentes sobre el planeta, que se instalan a sí mismos en la cúspide de la complejidad y la perfección. La percepción de un incremento de la complejidad y la información durante la evolución dista de ser “objetivo”. Los vertebrados y bacterias despliegan sus complejidades respectivas e inconmensurables. Aquellos son más complejos estructuralmente, pero los microorganismos desarrollan muchas más vías metabólicas. Si hubiera una gran catástrofe planetaria, con gran seguridad las bacterias no se extinguirían y es muy poco probable que los vertebrados se recuperaran. En adición, y al igual que los vertebrados, las bacterias también albergan sus propios parásitos, simbioses y depredadores. Lo aparentemente más complejo coexiste con lo menos complejo; aún más, la intimidad de la simbiosis sugiere que, en una infinidad de casos, lo uno no puede existir sin lo otro.

Aún vivimos en una edad de las bacterias, ha insistido Gould (1999, 2002). Sin embargo, es innegable que la vida hoy día tiene formas más complejas. La complejidad de la vida se incrementó con las primeras células eucariotas, y después con los primeros organismos pluricelulares. De hecho, todo evento simbiótico

expande la complejidad de la red de la vida. Cuando un “parásito” elige a un nuevo hospedante, hace más intrincadas las redes de la vida, distiende la complejidad. Pero es cierto que no existen tendencias lineales de complejidad o progreso. La historia de la vida se caracteriza por grandes puntuaciones de extinciones y especiación. En apariencia, la máxima complejidad estructural a nivel de Filum o Tipo, se obtuvo en un período relativamente corto, la llamada “explosión del Cámbrico”,³⁷ donde se manifestaron todos los Tipos conocidos, con la excepción de Bryozoa, originado durante el Ordovícico. Lo predominante en la vida es la generación de la diversidad; la complejidad se origina embebida en la diversidad. A partir del Cámbrico, toda la diversidad de la vida, antes o después de las grandes extinciones masivas, se ha desarrollado y evolucionado como “tokens” de unas pocas decenas de tipos estructurales básicos. Estos tipos representan los más poderosos atractores de la forma de la vida en este planeta. Pero muchos de los tokens de hoy día son más complejos que sus relativos del Cámbrico.

La evolución de la complejidad biológica no ha sido lineal. La evolución es básicamente un patrón de diversificación de tipos estructurales y discontinuidades de cualquier magnitud. En rigor, no es posible hablar de una tendencia hacia la emergencia de sistemas muy complejos, como la conciencia humana. Tal realidad nos parece extraña, prácticamente herética, porque la conciencia existe, por lo tanto, se tiene que haber desbrozado alguna vía para facilitar su emergencia. Pero semejante evento no lo apreciamos en el gran panorama, sino en el reino de lo contingente, y aún más, en las hebras más delgadas y frágiles de la gran red de la vida. En realidad, lejos de por esta razón disminuir su relevancia, la mera existencia de la conciencia y el cerebro, el sistema más complejo que se conoce, connota un mérito inconmensurable. Tal vez por eso exista la tendencia natural de encumbrar hasta la ciega arrogancia la estirpe que representamos en el orden universal de las cosas.

La conciencia ha emergido por bifurcaciones rápidas de linajes periféricos y poco conspicuos de la biosfera. Somos resultados de contingencias impredecibles, de episodios caóticos y alternantes de extinciones y diversificación. No es razonable

negar la existencia de causas o factores potenciadores en nuestro linaje, propiciadoras de la emergencia de nuestra capacidad de procesar información, del lenguaje. Entre ellas, la cefalización relativamente alta compartida por todos los primates, visión frontal estereoscópica, posición bípeda, manos independizadas de los pies para la locomoción, pulgares oponibles que permiten el desarrollo de una gran coordinación neuromotora, y la predisposición hacia la vida social. Tampoco ello ha hecho particularmente diverso a nuestro linaje. Cualquier grupo de insectos es cientos o miles de veces más rico en especies. Ni los primates (5% de los mamíferos en la actualidad), y mucho menos los homínidos, son o han sido un grupo particularmente diverso dentro de los mamíferos, que a su vez tampoco han sido un grupo demasiado diversificado. Entre los vertebrados, los linajes más diversos lo son peces y aves. La tendencia más manifiesta de la vida ha sido la de producir infinidad de insectos, ácaros y nemátodos, amén de mantener una ingente e inmortal legión de bacterias. Por el contrario, la cefalización, la “tendencia” hacia la inteligencia, sólo se ha destacado en dos linajes, los cetáceos y los homínidos.*

REFLEXIÓN FINAL EMERGENTE

La cosa extraña respecto a la evolución, es que todo el mundo piensa que la comprende dijo uno de los Huxley-**. Por su parte, Kauffman (1996) confiesa: “Aún carecemos de teorías consistentes que nos ofrezcan de manera diáfana las

*Nuestra especie tiene un coeficiente de cefalización promedio de 7.1. Los extintos *Homo erectus* nos siguen con 5.5. Detrás de los humanos se encuentran una variedad de especies de delfines, con valores de cefalización entre 3.5-4.6 (éste último valor corresponde al delfín de río amazónico). *H. abilis* queda por debajo de algunos delfínidos con 4.0. La famosa “Lucy”, *Australopithecus afarensis*, ostenta un valor claramente inferior a los cetáceos, con 3.0. La no menos célebre orca se le acerca en cefalización con 2.6, mientras que la especie viviente más cercana a nosotros filogenéticamente, el chimpancé común, sólo alcanza un modesto valor de 2.3. (Valores de los coeficientes tomados de Zimmer, 1999).

**Esta frase la extrajimos de Kauffman (2000), donde el autor declara con toda displicencia no saber cual de los Huxley la pronunció. De cualquier manera, nos parece muy acertada.

leyes que subyacen y provocan la autoorganización, la cohesión y resiliencia de los sistemas vivientes ante la continua producción de fenómenos emergentes. La evolución suele verse a sí misma como una sólida ciencia histórica. Las características compartidas entre organismos son vistas, no como expresiones de leyes profundas, sino como accidentes contingentes útiles, a la manera de artículos ventajosos transmitidos a través de la filogenia, encontrados y congelados a continuación dentro de tal rama descendiente de la vida... Pero creo que tales leyes pueden ser encontradas. La evolución puede ser como un algoritmo incomprensible, sin otra descripción más corta que ella misma, pero aún así no queda excluida la posibilidad de encontrar leyes profundas que gobiernen su flujo impredecible... Lo que perseguimos no es la predicción exacta, sino explicaciones. Tal vez jamás seamos capaces de predecir las ramificaciones exactas de la vida, pero tal vez podamos descubrir leyes poderosas que predigan y expliquen su forma general”.

La perspectiva de la “complejidad” establece diferencias en relación con los enfoques ortodoxos de la selección natural y el determinismo genético. La visión clásica percibe a la evolución como un proceso conducente hacia un cierto estado de equilibrio, donde los organismos se perfeccionan y “progresan” linealmente en su adaptación a un ambiente impositivo y externo. La evolución es el desenvolvimiento emergente de procesos de desarrollo autogenerativos de orden y complejidad, de cognición y de tendencias hacia la génesis de sistemas de alta independencia y libertad de elección. No es posible negar ni ignorar la tendencia global de la evolución de formar “consorcios” de organismos mediante la simbiosis, y ello es un generador de integración, coordinación y complejidad, de emergencias cada vez más espectaculares, de una aventura termodinámica abierta y excitante. Esta perspectiva nos regala una visión de la naturaleza donde cada organismo no es un simple accidente histórico o un individuo lógico, sino todo un bullente sistema de simbiosis, de fuerzas y agencias que se co-definen unas a las otras y todas juntas

generan novedades, engendran creatividad. Deberíamos sustituir el término de evolución, con sus connotaciones de mecanismo individual y lineal, por el de coevolución; tal es el reclamo de Margulis y Sagan. La coevolución es un *proceso*, interactivo y dinámico, sin la connotación de *patrón* que ostenta la evolución, resultante de la acumulación de cambios.

Aun los organismos menos complejos, las bacterias, medran en colectivos ecológicos, intercambiando información bioquímica y genética, y de este modo conforman un gran retículo donde la individualidad es borrosa y porosa. El darwinismo y el neodarwinismo legaron la imagen de la supervivencia mediante lucha y competición del organismo, la especie o, inclusive, la de un gen incorpóreo, diabólico y egoísta. Sin embargo, la visión sistémica y compleja nos ofrece una imagen más sugestiva; lo que sobrevive y se adapta, lo que evoluciona, son sistemas o linajes de organismos-en-sus-entornos, de consorcios de organismos simbiotes, integrados de forma tal que reducen gradientes termodinámicos y se alejan del equilibrio, al hacerse más independientes del ambiente. La evolución es una danza sofisticada y sutil de conexiones en retículo. Lo perdurable no es una entidad o individuo en competición, sino un patrón de organización local, interconectado con otros patrones de organización. Así, nuestro planeta se encuentra cubierto por un inquieto tapiz viviente de patrones de organización interconectados, que fluyen hacia lo adyacente posible.

Monod (1970) consignó, lúgubre, “Descubrimos nuestra soledad total, nuestra radical foraneidad, en un Universo sordo a nuestra música, indiferente a nuestras esperanzas, a nuestros sufrimientos y a nuestros crímenes”. Dawkins (1996) delinea también en tono sombrío, “En un universo de fuerzas físicas ciegas y replicación genética, algunas personas van a ser heridas, otras van a tener suerte, y usted no encontrará ninguna rima o razón en ello, ni ninguna justicia. El universo que observamos tiene precisamente las propiedades que debemos esperar cómo si no hubiera, en el fondo, ningún designio, ningún propósito, ni maldad ni bondad;

nada excepto indiferencia, ciega y despiadada....El ADN ni conoce ni le importa; elADN justamente es. Y nosotros danzamos con su música”.*

Por su parte, Barbadilla (1999) declama, “A través de los ojos de Darwin no vemos sólo un gorrión o una flor. Sabemos que detrás de cada organismo hay un drama de conflicto y competencia en una lucha sin cuartel por la existencia”. En un talante similar, esboza Ruse (2001): “Tenemos que aceptar simplemente que la selección natural trabaja por y a través del dolor, dolor y más dolor. Todo el tiempo, los animales están muriendo: de inanición, de enfermedad, porque son devorados, y por muchas otras causas horribles. Las cosas pueden suavizarse durante uno o dos minutos, pero entonces los problemas y el dolor reaparecen, aun traídos por las pausas. Si el número de depredadores se reduce, las presas se incrementan, y entonces hay más depredadores a su vez y aun más matanzas que el promedio... La vía en la cual la evolución darwiniana trabaja es a través del dolor y sufrimiento y crueldad y penurias y privaciones y más, mucho más”.

Pero las escenas de tranquilidad y armonía, de pereza regocijante, de regodeo en lo lúdico y lo intrascendente, de explosión de creatividad y manifestación de lo estético, son también consustanciales de la naturaleza. Desde esta perspectiva, preferimos adscribirnos al mensaje de Depew y Weber (1995): “Por nuestra parte, nos proyectamos hacia una teoría evolucionaria fundada ecológicamente, cuyo objetivo sea la protección de los individuos, comunidades y sus tradiciones, en un mundo natural que es nuestro único y verdadero hogar”. De cualquier manera, no sólo somos hijos de la contingencia, sino también de nuestras trayectorias autoorganizadas infodinámicas, las cuales nos han llevado a lo que somos: los intérpretes racionales de la semiosis del Universo, deseosos de reducir los gradientes

**En un comentario sobre el libro de Dawkins “The Ancestor's Tale: A Pilgrimage to the Dawn of Life” Coyne (2004) cita la siguiente reflexión de dicho autor, de notable contraste con otros pensamientos suyos anteriores: “El hecho de que la vida evolucionó prácticamente de la nada....es un hecho tan asombroso que estaría loco de intentar palabras para hacerle justicia. Y aún eso no es el final del asunto. No sólo la evolución ocurrió: eventualmente conllevó no sólo a seres capaces de la comprensión del proceso, sino hasta capaces de la comprensión del proceso por el cual ellos la comprenden”.*

termodinámicos entre nuestro planeta y otras esferas cósmicas. También vivimos con la compulsión innata de fluir siempre hacia lo adyacente posible de lo aún por conocer, de alejarnos del equilibrio, monótono y amorfo, de la ignorancia. Y comprendemos, como nos ha indicado María Novo, que fluimos por estas trayectorias con la energía de nuestros intelectos, nuestras fantasías y nuestros cuerpos.

Con esta intuición en mente, transcribimos la siguiente ensoñación de Kauffman (1996): “Si somos, por sendas que aún no vislumbramos, expresiones naturales de materia y energía acopladas conjuntamente en sistemas alejados del equilibrio, si la vida en su abundancia estuvo destinada a originarse, no como un accidente incalculablemente improbable, sino como un desempeño esperado del orden natural, entonces, verdaderamente, estamos en casa en el universo”. Y concluimos nuestro discurso con Capra (2002): “...compartimos no sólo las moléculas de la vida, sino también sus principios básicos de organización con el resto del mundo viviente. Y desde el momento en que nuestra mente, también, está corporeizada, nuestros conceptos y metáforas se encuentran embebidos en la red de la vida junto con nuestros cuerpos y cerebros. Pertenece al universo, estamos en casa en él, y esta experiencia de pertenencia puede hacer nuestras vidas profundamente significativas”.

Y como diría el gran Darwin, *Hay también una grandeza en esta visión de la vida*

Capítulo 5

Biogeografía: La dinámica de la forma y el sentido en el espacio y el tiempo.

“¿Me contradigo?/Muy bien, me contradigo/Soy inmenso; contengo multitudes”

Walt Wiltman

“Y así son los hombres, que cada uno cree que sólo lo que él piensa y ve es la verdad, y dice en verso y en prosa que no se debe creer sino lo que él cree... cuando lo que se ha de hacer es estudiar con cariño lo que los hombres han pensado y hecho, y eso da un gusto grande”.

“La conservación de la naturaleza debe...preservar la estructura biogeográfica, por ejemplo, retículos de nodos”

R. C. Craw, J. R. Jean y Michael J. Heads

*Quot capita tot sensus**

BIOGEOGRAFÍA

La definición más sencilla posible de la biogeografía es la del estudio de la distribución (geográfica o ecológica) de los organismos. Pero tal simplicidad no es más que pura apariencia. Como subraya Crisci +(2001), *la verdadera complejidad del tema permanece oculta*, pues ésta ciencia de síntesis no debe ignorar perspectivas geológicas y geográficas, además de biológicas, en sus análisis. La biogeografía procura elucidar cómo se forma un arreglo espacial particular y sus

* *Tantas cabezas, tantos pareceres*

causas (Murguía y Rojas, 2001), lo cual nos introduce en una perspectiva histórica de percepción de patrones y causalidad. Martín-Piera y San-Martín (1999) caracterizan a la biogeografía de “ameboide”, y Ebach y Humphries (2003), la tildan de una disciplina cuyos objetivos todavía permanecen ambiguos, porque el concepto abarca más de un tópico. Es posible discrepar de este último criterio, y asumir que la biogeografía tiene una identidad legítima, traslucida en el estudio de la percepción, determinación, causalidad e historia de los patrones de distribución espacial de los organismos.

Lo sugestivo es discernir en lo ameboide algo que se filtra y entreteje, y asumir en lo ambiguo su comulgar con lo indeterminado: todo ello es coherente con lo complejo. La distribución de los organismos se estudia a través de la determinación de patrones espaciales y de la comprensión de los procesos y eventos probables a partir de los cuales emergen tales patrones. Y para ello es necesario una perspectiva reticular y transdisciplinar. Lo cierto es que la evolución le da primacía al estudio de la forma en el tiempo (el cambio de lo infodinámico en el tiempo), mientras la biogeografía resalta la dimensión espacial en la evolución de la forma (el cambio, pero también lo relativamente invariante, de lo infodinámico en el espacio).

Croizat (1964) calificó la biogeografía de ciencia de síntesis para el estudio de la forma en el espacio y en el tiempo. Desde esta óptica, Llorente *et al.* (2003) y Morrone (2004), declaran necesario desarrollar una amplia síntesis biológica a través de la integración de la *biogeografía* (estudio del espacio en el tiempo, básicamente mediante la panbiogeografía y el concepto de vicarianza), la *ecología* (estudio de la forma en el espacio) y la *epigenética* o *sistemática* (el desarrollo de la forma en el tiempo) (Fig. 5. 1). Apreciamos la biogeografía como el estudio de la distribución de la forma (en su concepción de flujo infodinámico, de movimiento, y en sus atributos de estructura, conducta, funcionamiento y ecología) en el espacio y el tiempo. La forma es un resultado de procesos de desarrollo primariamente intrínsecos, pero sujetos a la contingencia de múltiples interacciones dentro del propio devenir del desarrollo epigenético y los constreñimientos y regulaciones del

ambiente. La biogeografía, al mismo tiempo que histórica, es ecológica, al ser los organismos interaccionadores en espacios que devienen en el tiempo.

El estudio del espacio y el tiempo *per se*, es un concepto vacío, no analizable. Tiempo y espacio existen únicamente como sistemas de relaciones entre objetos o procesos, los cuales sí son objetos de razonamiento analítico y sintético. Tiempo y espacio son concepciones, no de mera existencia, sino de *coexistencia relacional*. No parece realista percibir la ecología centrada en la forma en el espacio, ignorando al tiempo. De hecho, la inclusión, tanto de las variaciones como de las regularidades de los procesos y las formas en el tiempo, es inherente a los estudios ecológicos. Tampoco la sistemática desdeña la dimensión espacial de las formas; por el contrario, la ubicación espacial es una referencia importante en cualquier estudio sistemático. Tal vez lo interesante sería representarse ésta valiosa proposición, no en

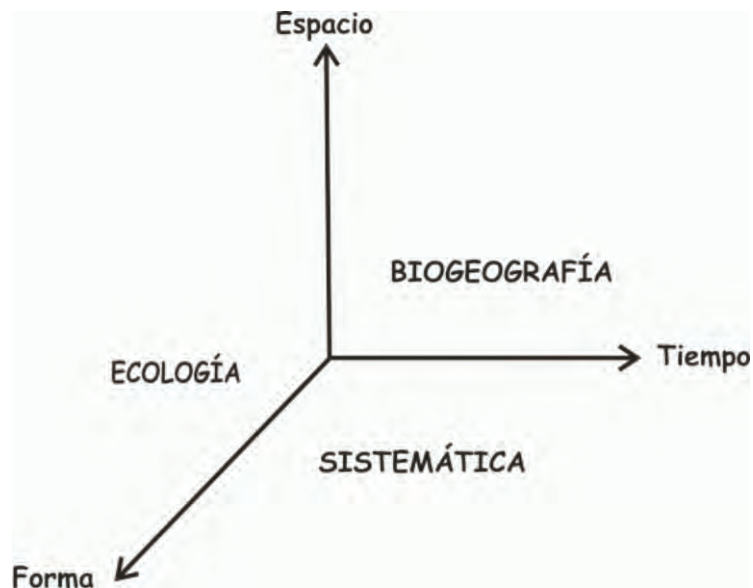


Fig. 5. 1. Síntesis deseada de la biogeografía, según Morrone (2004), basada en coordenadas de forma, espacio y tiempo.

un eje cartesiano, con sus dicotomías y escisiones inevitables, sino como un retículo de conexiones dinámicas y heterárquicas en el espacio/tiempo, donde cada dimensión de la existencia (forma, espacio y tiempo) se encuentra embebida la una en la otra. En este retículo o matriz, las relaciones entre forma, espacio y tiempo no son funciones lineales o cartesianas unas de las otras. De este modo, modificaciones o cambios en una de estas dimensiones no implican modificaciones especificables de manera lineal y predecible en la otra.

Morrone (2004) destaca la importancia creciente de la biogeografía, al ser capaz ésta disciplina de proponer hipótesis sobre procesos históricos y ecológicos, establecer clasificaciones de la biodiversidad, realizar predicciones sobre consecuencias de cambios globales planetarios, y sugerir criterios para la selección de áreas de conservación. Grehan (2001a) distingue la evolución como un proceso geográfico; por lo tanto, la biogeografía, o geografía de la evolución, debe estar en el núcleo de la biología evolutiva. Así, la información espacial es primaria para cualquier análisis de cambio evolutivo. Pero la geografía también es una disciplina de síntesis, literalmente significa *descripción de la Tierra* y, al igual que la biogeografía, se ocupa de la descripción y formulación de hipótesis explicativas acerca de la distribución y posición de los componentes estructurantes de la superficie del planeta. La superficie de nuestro mundo conforma una agitada red co-determinada y co-construida por los sistemas vivos y los ambientes geológicos y climáticos. Los sistemas vivos configuran paisajes, y son responsables en buena medida de la organización global del clima, la composición de los suelos y la atmósfera, y del flujo de numerosos ciclos biogeoquímicos. Los espacios y fenómenos geográficos y biológicos se superponen, se embeben los unos en los otros, y se co-determinan y co-construyen a través de las redes de relaciones ecológicas, connaturales de la vida y sus procesos.

FORMA Y ESPACIOS

Thom (2000) reflexiona: “Toda ciencia es, ante todo, el estudio de una *fenomenología*. Es decir: los fenómenos que son objetos de una disciplina científica aparecen como accidentes de formas definidas de un espacio dado, al que podremos llamar el *espacio substrato* de la morfología que se estudia... En los casos más generales (física, biología) el espacio substrato es el habitual espacio-tiempo. Pero en ocasiones es necesario considerar como un 'espacio' algo diferente, que se deduce, por así decirlo, del espacio macroscópico habitual o por algún artificio técnico... o construyendo un 'espacio'... Un *espacio*, en términos geométricos, es sencillamente un abierto euclidiano de dimensión finita. El primer objetivo de una ciencia sería el caracterizar la fenomenología que estudia como forma, precisamente, espacial”.

Mateo (2004) describe la *Geografía* como la ciencia de la *diferenciación espacial*, dedicada al descubrimiento de la *forma espacial de los procesos*. En su criterio, el espacio es el centro aglutinador de todos los análisis. El espacio es el lugar del individuo y de cada cosa, y todo lo relacionado con la producción, las formas, las funciones, los sentidos, y con la noción de territorio como espacio de poder. Por su parte, Kull (1999) concibe al territorio “un problema puro de *unwelt*”. Las interacciones forman una red, pero si no existe la subjetividad apropiada para “ser parte de esa red”, no existe la interacción, ni tendría sentido hablar de territorio. Lavanderos y Malpartida (2001) y Hermosilla *et al.* (2004) distinguen al territorio como una co-construcción relacional organismo-entorno.

El *territorio*, es decir, *la extensión interaccional en el espacio* que ocupa un organismo, es, ante todo, una configuración que emerge de las relaciones organismo-entorno. *El territorio de un organismo es su espacio substrato*, una consecuencia del “alumbramiento” de su mundo, de su autorreferencialidad. El territorio es, literalmente, el *espacio* donde un organismo es capaz de desarrollar eficazmente sus interacciones ecopoiéticas; significa el espacio donde el organismo

ostenta su *poder de existir*, de acuerdo con los acoplamientos de su dinámica estructural, de su forma, de su coexistencialidad permanente en su entorno. Desde estas perspectivas, el territorio representa un espacio interaccional. Así, el espacio que demarca el territorio, no debe sólo comprenderse como una demarcación física de un determinado volumen ambiental, sino como una *emergencia* auto-exo-referencial. Sobre la base de lo expuesto, queremos resaltar que el territorio, desde el momento que tiene que ver con el *umwelt*, con el entorno, es un espacio substrato emergente de *individuos* o de grupos pequeños de individuos estrechamente cohesionados de alguna manera, como ocurre en las parejas, grupos familiares, colonias y manadas. Todos estos sistemas interaccionan con el ambiente de manera muy cohesionada y unitaria.

ESPACIO BIOGEOGRÁFICO

La definición espacial que ofrece Mateo de la geografía, se aviene con la noción de Thom del espacio como “abierto euclidiano”, en el sentido que la geografía brinda una descripción de la forma y relaciones de “cosas” en la superficie terrestre. Los organismos, o sea, las formas biológicas, se localizan a través de ese espacio geográfico, pero no en cualquier parte de ese espacio, sino en un espacio donde les resulta posible realizar su *ecopoesis*, sus interacciones ecológicas. El “espacio” de las formas biológicas es algo más que el simple espacio geográfico o exclusivamente el “espacio” ecológico. El *espacio substrato* de las formas biológicas, estaría representado por una *emergencia* dinámica del espacio geográfico y del espacio ecológico, y esa emergencia constituiría el *espacio biogeográfico*. Es decir, que el espacio biogeográfico, a la vez que una emergencia, implica una jerarquía. La biogeografía estudia la distribución de poblaciones y taxones. La distribución individual de los organismos es objeto de estudio de la ecología. Por supuesto, las demarcaciones pueden resultar borrosas y permeables en ciertas circunstancias, pero ello es

inevitable cuando indagamos en cualquier fenomenología compleja.

Realicemos ahora dos distinciones fundamentales. El espacio substrato de un organismo es su territorio. Aun las formas vivientes que viven en multitudes apiñadas requieren, de manera individual, un espacio mínimo para realizar su ecopoiesis, un territorio básico donde poder desarrollarse como agencias intencionales. El territorio es una *emergencia* del espacio físico donde viven los organismos y de su espacio ecológico. El espacio ecológico es un espacio de interacciones materiales físicas directas, dadas en la obtención, intercambio o reciclaje de recursos de cualquier naturaleza; pero también es un espacio de transmisión de sentido a través de componentes semióticos. El espacio ecológico, de hecho, trasciende el espacio físico estricto donde un organismo se halla localizado en un momento dado, o de manera más o menos permanente. Por ejemplo, los organismos emiten señales a través de conductas estereotipadas o segregan sustancias bioquímicas. Estas señales son componentes del espacio ecológico, tanto de los organismos que emiten como de los organismos que las reciben e interpretan, y así trascienden los espacios físicos puntuales donde se encuentren en dicho momento organismos emisores y receptores.

El espacio biogeográfico es, de igual modo, un espacio emergente de espacios físicos y ecológicos, pero de sistemas de organismos que a su vez constituyen emergencias jerárquicas: poblaciones, especies o grupos monofiléticos de especies. El espacio biogeográfico es una emergencia del espacio físico que ocupan los sistemas de organismos en la biosfera y del espacio ecológico donde interaccionan estos sistemas de organismos. Estos espacios no existen *en o sobre* los unos en los otros; constituyen espacios coexistentes e interactivos. El espacio físico, que representa cualquier espacio de la superficie del planeta, es un espacio *modulador de*, y a la vez *modulado por*, las redes de la vida. La coexistencia indisoluble de estos espacios el *espacio físico*, el que literalmente ocupan los seres vivientes en la biosfera, y el *espacio ecológico*, donde los seres vivientes desarrollan sus relaciones ecológicas -ecopoieticas- conforma una emergencia inherente a los

mismos. Dicha emergencia es el *espacio biogeográfico*. Los patrones y procesos biogeográficos son la manifestación fenomenológica resultante de la existencia e interacciones de objetos en un espacio particular, el *espacio biogeográfico* (Fig. 5.2).

El espacio biogeográfico integra un bucle recursivo con los componentes de los cuales emerge. El espacio físico ocupado y las interacciones ecológicas determinan la magnitud y forma del espacio biogeográfico, pero la dinámica de la emergencia biogeográfica es capaz de modificar, de igual modo, la expresión de interacciones ecológicas o la ocupación del espacio a nivel local. La expansión (o contracción) del espacio biogeográfico de un taxón podría conllevar la modificación de interacciones ecológicas entre sus miembros, al encontrarse con nuevos interaccionadores o enfrentar un reajuste de su espacio ecológico en un espacio geográfico más restringido.

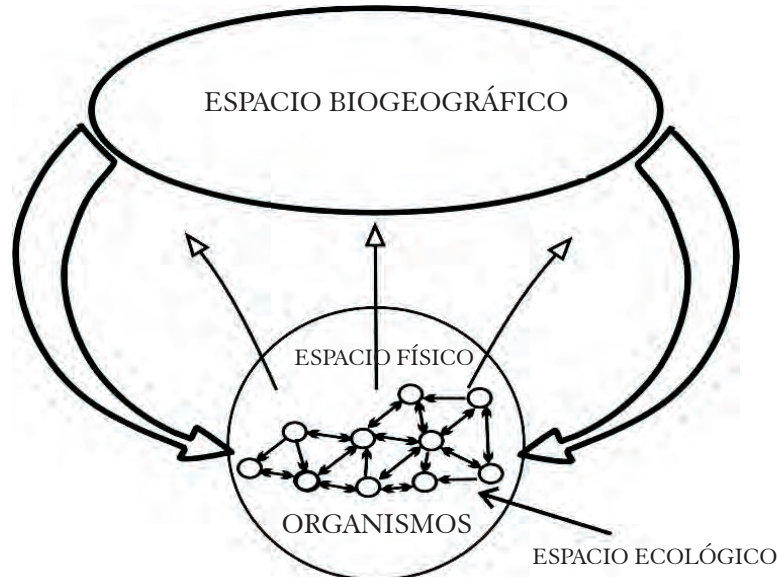


Fig. 5. 2. *Espacio biogeográfico, representado como una emergencia constreñida por y constreñidora de, el espacio físico y ecológico de los taxones.*

ÁREA DE DISTRIBUCIÓN

El área de distribución es un concepto coexistencial con el de espacio biogeográfico. Espinosa *et al.* (2001, 2002) conciben al área de distribución en términos de la *mayor probabilidad* donde un *taxón* puede ser encontrado. Esta área comprende el conjunto de localidades, descripción de sus hábitats, extensión territorial y continuidad. Es una aproximación del espacio posible a ser ocupado, abarcadora de la distribución geográfica y ecológica. Espinosa *et al.* (2002) definen la distribución geográfica como al conjunto de localidades que delimitan un área ocupada por los miembros de un taxón. La distribución ecológica la precisan en términos de la mayor o menor plasticidad en relación con algún componente del ambiente.

La distribución ecológica es el espacio *real*, donde emerge la unidad organismo-entorno, ocupado por una población o taxón dentro de su distribución geográfica. Los recursos, por lo general, no se encuentran distribuidos de manera homogénea respecto a las necesidades ecológicas de los taxones particulares. Así, la fenomenología de la distribución espacial suele adoptar una forma discontinua (Fig. 5. 3). Para Zunino (2000, 2003), el área de distribución es “aquella fracción del

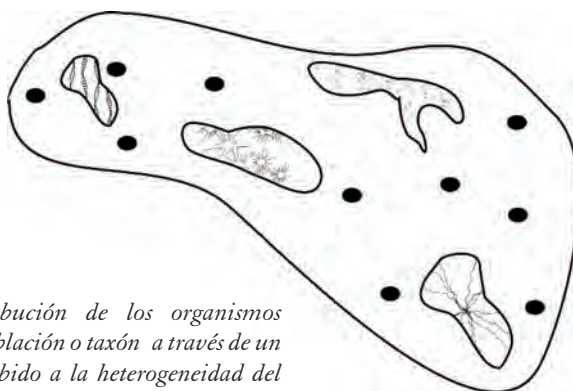


Fig. 5. 3. La distribución de los organismos pertenecientes a una población o taxón a través de un área es discontinua, debido a la heterogeneidad del ambiente y a las características específicas de los requerimientos ecológicos.

espacio geográfico donde la especie está presente e interactúa de manera no efímera con el ecosistema”. En este caso, el área de distribución es asociada con la permanencia del organismo en un espacio dado, según su adecuación con los requerimientos ecopoiéticos de los organismos. Desde nuestro punto de vista, Zunino restringe el área de distribución a la distribución estrictamente ecológica de un taxón.

El área de distribución es un fenómeno emergente, probabilístico y dinámico. Constituye un espacio físico de probabilidades, dentro del cual es posible la presencia de un sistema viviente dado. El área de distribución es un fenómeno sistémico. Los organismos individuales, o colonias individuales de organismos que forman un sistema unitario y discreto, tienen, en cuanto a relaciones de espacio físico, dos posibilidades: o permanecen, durante lapsos efímeros o luengos en el mismo lugar o se desplazan a través del espacio. Es posible también hablar de territorios para poblaciones, cuyos componentes mantienen interacciones ecológicas estrechas entre sí. El área de distribución denota distribuciones espaciales trans-individuales y trans-poblacionales. O sea, para especies y grupos monofiléticos de especies.

Estas áreas son espacios de probabilidades con un cierto grado de certidumbre. No sabemos nunca con precisión si es posible encontrar un organismo en un punto preciso cualquiera de su área de distribución. Es un espacio predecible, en cuanto a su configuración global, pero no estrictamente especificable. El área de distribución, por su carácter probabilístico, es siempre una hipótesis de coordenadas espaciales posibles; debe estar sujeta a escrutinio permanente. Pero, a diferencia de las hipótesis de tipo neopositivista, un descubrimiento o evidencia negativa dentro de un espacio perteneciente al área de distribución supuesta, no refuta la hipótesis de enunciar dicho espacio como área de distribución probable de un grupo. Este hecho sólo nos indica, en ese momento y en ese lugar, la ausencia de representantes del sistema biológico de referencias. El área de distribución es una emergencia de los territorios de conjuntos de organismos, y los territorios se modifican, desaparecen o se amplían.

El área de distribución sería el espacio probable donde podría existir un miembro de una especie o una especie de un grupo monofilético de especies. Es un espacio de probabilidades, por su dinamismo emergente y contingente. La presencia de organismos en un lugar específico de su espacio biogeográfico, depende de si en ese lugar concurren o no los recursos de diferente índole que los organismos necesitan. También se encuentran co-determinados por factores de azar diversos. Un espacio adecuado puede no ser poblado porque lo impidan barreras, o porque aún no ha transcurrido el tiempo suficiente para que determinados grupos de organismos hayan accedido a esos lugares. En otras palabras, el área de distribución es una fenomenología de expresión no-lineal, caótico-determinista. Para que un organismo se encuentre en un punto específico de su espacio biogeográfico en un momento cualquiera, dicha permanencia, en ese punto preciso, debe tener sentido para el organismo. Los fenómenos biogeográficos están relacionados con la diferenciación espacial co-construida por las formas biológicas a través de su acción como agencias en el mundo. El espacio biogeográfico es la emergencia espacial de los organismos en el espacio/tiempo a través de una dimensión privativa de los seres vivos, el *sentido*,³⁸ la cognición, mediante la cual desarrollan la ecopoiésis.

En resumen, todo organismo existe de manera simultánea en una dimensión o espacio geográfico y en una dimensión o espacio ecológico. Los organismos individuales que conforman una población o taxón, se encuentran por lo general en los espacios geográficos donde las condiciones ecológicas les resultan óptimas; no se distribuyen homogéneamente como las moléculas de un gas o un líquido en un recipiente. Ésta dialéctica-dialógica entre lo geográfico y lo ecológico es lo que le otorga el carácter *discontinuo* a la distribución espacial de los taxones. La distribución ecológica, a su vez una emergencia de los requerimientos ecopoiéticos de los organismos, constriñe sus espacios de fases posibles (la distribución potencial espacial máxima en la biosfera). Los requerimientos ecopoiéticos accionan como atractores ecológicos, los cuales confinan la distribución espacial o geográfica (de

hecho el espacio biogeográfico) posible de los taxones. Algunos taxones exhiben atractores ecológicos más laxos o dinámicos que otros, cuyos atractores ecológicos son más puntuales en el espacio. El espacio biogeográfico también está constreñido por la filogenia, por la historia genealógica de los organismos. La historia genealógica impone restricciones en cuánto al lugar particular de la biosfera donde evoluciona un linaje, los cuales desarrollan su existencia en espacios/tiempos particulares. El espacio biogeográfico de los organismos representa la dinámica de su historia y de su posición y relaciones en la biosfera.

SOBRE ESPACIOS EN BIOGEOGRAFÍA

Craw (1988), Llorente y Espinosa (1991) y Espinosa *et al.* (2002) reflexionan acerca de la existencia de concepciones del *espacio* en la biogeografía, ya bien se adopten perspectivas dispersalistas, de la biogeografía cladística o de la panbiogeografía. Según estos criterios, los *dispersalistas* se afilian a la noción de *espacio absoluto*, donde el espacio es visto como un recipiente, con propiedades por sí mismo, con anterioridad e independencia de los objetos que lo llenan. Aquí es posible una interpretación alternativa. La noción de un espacio absoluto, el ESPACIO, es un no-concepto. Espacio, tiempo, movimiento, y materia-energía, son dimensiones relacionales: todas existen en relación con todas las demás; ninguna existe por separado. Cuando consideramos una, estamos, necesariamente, implicando las dimensiones restantes, cada una está embebida en las otras, es consustancial y coexistencial con las otras. Lo único *absoluto* en cada una de ellas es su relación *relativa* con todas las otras. Por lo tanto, siempre que concebimos un espacio, necesariamente ese espacio va a tener propiedades particulares. No es posible introducir objetos (los cuales, en sí mismos constituyen también espacios relacionales) en un espacio-recipiente, si ese espacio no existía antes con propiedades por sí mismo. Los objetos introducidos co-construirán nuevas relaciones espaciales

en el espacio-recipiente; emergerán nuevos espacios coexistentes.

Una roca que surge del mar enriquece la geografía del planeta con un objeto geográfico-geológico más. Si una pareja de gaviotas o un grupo de focas atisba la roca y establece su territorio en ella, entonces emerge una nueva dimensión de relaciones espaciales, se crea un espacio ecológico. El espacio ecológico puede seguir enriqueciéndose y complejizándose, si nuevos organismos muestran la habilidad de arribar y medrar en nuestra roca o pequeña isla. En conclusión, *sí* es posible la existencia de espacios capaces de admitir la incorporación de otras entidades materiales (otros sistemas espacio/temporales) en ellos. La consecuencia inevitable es la emergencia de relaciones espaciales más complejas. El establecimiento de sistemas vivientes en un espacio geológico, es decir, de un accidente geográfico desprovisto previamente de vida, genera la existencia de un *espacio biogeográfico*. La tierra firme de nuestro planeta fue un espacio-recipiente potencial hasta que evolucionaron sistemas de organismos capaces de respirar el oxígeno del aire y, al mismo tiempo, evitar la deshidratación. Hasta ese momento, la tierra firme, al igual que la roca de marras, pertenecía sólo al ámbito geológico-geográfico del planeta; sólo fue parte de su biogeografía cuando comenzaron a aparecer y reproducirse organismos sobre ella.

El *espacio relativo* es concebido como un sistema de relaciones entre objetos. Los objetos son identificados sobre la base de cualidades internas, independientes y anteriores a las propiedades espacio/temporales. El espacio es, ni más ni menos, la red de relaciones entre estos objetos. La *biogeografía vicariante o cladística* es asociada con esta concepción, debido a que las relaciones entre áreas son inferidas a partir de las relaciones históricas y propiedades de los organismos presentes en dichas áreas. En esta práctica biogeográfica, las hipótesis sobre la historia de la forma (expresadas mediante cladogramas) anteceden a la del espacio (Llorente *et al.*, 2000). Estos autores aseveran que la identificación de los objetos emana, en última instancia, de su posición en cualquier marco unitario espacio/temporal. Sin embargo, el conocimiento de la posición y relaciones espacio/temporales es justamente tan

importante como el conocimiento de los objetos en sí mismos.

La visión del espacio relativo se encuentra también asociada con la *panbiogeografía*, donde los análisis establecen, o pretenden establecer, homologías espaciales o relaciones espacio/temporales entre los taxones, las que a su vez resultan informativas para los estudios genealógicos (cladísticos) entre los organismos. En resumen, la panbiogeografía asume un enfoque relativo del espacio, pero le concede igual importancia a las relaciones espaciales de los organismos y a sus relaciones genealógicas. De acuerdo con el criterio de los practicantes, en ocasiones las relaciones espaciales son consideradas primarias respecto a cualquier hipótesis acerca de genealogía entre organismos.

Desde nuestro punto de vista, todos los espacios son *relativos*; por consiguiente, no percibimos que el reconocimiento de un proceso dispersivo implique la concepción de un espacio imposible, porque ello conlleve el pensarlo cómo absoluto. De hecho, no afiliamos ni actitudes *dispersalistas* ni posiciones *vicariancistas*, sino razonamientos desarrollados desde perspectivas no reduccionistas, sustentadas por las evidencias menos ambiguas.

Craw *et al.* (1999) lamentan el tratamiento del espacio/ tiempo como contenedor externo de la diversidad biológica. Objetos y espacios forman una unidad indisoluble, aleccionan Llorente *et al.* (2001). En el criterio de Espinosa *et al.* (2002), el espacio ocupado por una especie es un atributo inherente a su identidad y, de este modo, dos individuos pertenecen a la misma especie *si comparten la misma información genética y si ocurren al mismo tiempo en un mismo espacio*. En realidad, la concurrencia en el mismo espacio y el mismo tiempo no es un requisito ni necesario, ni suficiente, para pertenecer a la misma especie, aunque sí lo es para ser miembros de una misma población. El requisito necesario y suficiente para ser miembros de una misma especie es la pertenencia a un linaje exclusivo, y los miembros de un mismo linaje pueden, con la mayor displicencia, estar vivos o muertos; o vivir o haber existido en espacios geográficos y ecológicos diferentes. El linaje es un concepto de *extensión en el tiempo*. El linaje materializa una secuencia genealógica,

histórica, de ancestría-descendencia común entre entidades que se reproducen, las cuales, por supuesto, no se encuentran enajenadas del espacio en cuanto a su existencialidad ontológica. Pero, conceptualmente, el linaje es una dimensión temporal, no espacial.

El espacio son relaciones entre objetos. El espacio es consustancial y necesario, pero no suficiente, para definir la identidad de un organismo. La identidad de un organismo y de una especie está dada por las particularidades de su trayectoria infodinámica, en su relación unitaria con el entorno, las cuales son contingentes en el espacio y el tiempo. El espacio y el tiempo *son siempre una co-construcción relacional, circunstancial, del organismo, embebido en los cuales, así como en las dimensiones de movimiento y sentido, se desarrolla su existencia, su flujo infodinámico*. Inclusive, Thom (2000) sugiere, casi distraídamente, que tal vez el espacio-tiempo no sea la entidad primaria. Por otra parte, es posible y plausible construir hipótesis de relaciones genealógicas o históricas entre organismos con énfasis exclusivo en las formas, y no en el espacio. Las relaciones filogenéticas pertenecen a la esfera digital, y están implícitas en la forma, no en el espacio; constituyen emergencias materializadas en la forma, la cual se ha desarrollado como linajes extendidos en el espacio y el tiempo. Podemos analizar hechos de la historia filogenética de grupos de organismos sin hacer, necesariamente, alusión al espacio geográfico o ecológico donde existieron.

ANÁLISIS ESPACIAL: PATRONES Y PROCESOS

Según Myers y Giller (1988a), el objetivo principal de la biogeografía es la definición de patrones espaciales y la identificación de sus procesos causales. Por su lado, Crisci (2001) desglosa al análisis espacial en tres aspectos: 1. *Determinación de patrones*. 2. *Estudio de procesos*. 3. *Elaboración de hipótesis de predicción-retrodicción*. Los patrones biogeográficos son regularidades o configuraciones determinadas de la distribución de la forma en el espacio geográfico. Los patrones

son originados por eventos repetitivos y por procesos. Los procesos a indagar deben ser moduladores del espacio substrato específico, intrínsecos del sistema de referencias. La relación patrón-evento-proceso la apreciamos como un bucle recursivo complejo o *circomplejo*, si hacemos uso de la expresión moriniana mencionada en el Capítulo 3. Los patrones preexistentes de distribución pueden ser modificados por la acción de fuerzas, tanto extrínsecas como endosables a los organismos. A su vez, las propias características configurativas, estructurativas e históricas del patrón, influirán la manera en que el mismo pueda o no ser modificado, según la acción de eventos y procesos. Un patrón biogeográfico, en su carácter de emergencia espacial, no es un objeto a modificar, sino un sistema dinámico forma-espacio-tiempo con sus propias regulaciones autorreferenciales. Por último, la predicción y la retrodicción son perspectivas explicativas que nos ayudan a comprender la historia de las formas en su espacio substrato.

PATRONES

Una de las presuposiciones primarias en la ciencia es que el mundo está ordenado (Cracraft, 1988); por lo tanto, existen *patrones*, y estos patrones necesitan explicaciones causales. En la opinión de Rosen (1988), los patrones son percepciones sobre la base de un conocimiento de fondo. Los patrones los distinguimos a través de la aplicación de métodos de indagación, y los métodos son implementados para servir a objetivos particulares en el contexto de un enfoque particular. En el decir de Maturana (1989), la pregunta correcta no es qué es la percepción, sino bajo cuáles circunstancias reconocemos la percepción. Según Salthe (1996), el orden existe como autoorganización, pero su percepción como orden depende de un observador. La realidad primaria, la ontología, produce orden, pero el orden es descubierto por una realidad virtual o secundaria, la epistemología. La autoorganización produce orden, y el orden es generado por constreñimientos organizacionales que a su vez generan regularidades de conducta o configuración,

susceptibles de ser percibidos por un observador. El orden tiene relaciones invariantes, es el resultado local de constreñimientos, pero, desde el punto de vista perceptual, es, esencialmente, una proyección de un observador externo.

Los patrones espaciales que visualizamos -alerta Dietrich (1998)- no son objetivos en el sentido de ser considerados fotos de estructuras reales; sólo son resultados de interpretaciones científicas o cognitivas. Los patrones constituyen invariantes de operadores cognitivos; lo que vemos depende de lo que hacemos y de cómo interpretamos nuestro hacer. Para Scott (1999), un patrón es una combinación de *cualidades* o *tendencias*, emergentes de procesos, las cuales forman un arreglo consistente o característico. Los patrones emergen del desarrollo de procesos, pero los patrones también se configuran por la concurrencia de eventos. Espinosa *et al.* (2002) perciben en un patrón una emergencia de la observación de tendencias de comportamiento dentro de un conjunto de datos o eventos. Por su parte, Halffer (2003a) considera al patrón una generalización, la cual pretende ser una unidad de referencia y comparación para analizar y confrontar las peculiaridades de la distribución de cada taxón.

Al igual que en cualquier otra relación sujeto-objeto, la percepción de patrones en la biogeografía (relaciones y configuración de distribuciones en el espacio) depende de las condiciones de observación y de preconcepciones iniciales, lo cual reconocen Real y Ramírez (1992) y Vargas (1992). La conformación de un patrón agrega Vargas- implica causalidad; es una organización repetida y no al azar*. Acotamos la aceptación de lo causal en el sentido de multicausal, como causalidad compleja, de connotación e idiosincrasia en lo heterárquico y reticulado. De acuerdo con Wiens (1989), deben relacionarse primero los procesos que producen una función de causa-efecto y provocan los patrones, pero Vargas (1992) subraya lo contrario, pues en la investigación real primero se identifica un patrón y

* Por supuesto, en la perspectiva de la complejidad, el azar no está reñido con la configuración de patrones, de hecho, es consustancial con la génesis de orden local, y un patrón es una manifestación de orden en un contexto dado.

después se establecen relaciones de tipo causa-efecto. Ciertamente, primero percibimos patrones; los procesos o eventos por lo general los distinguimos o reconstruimos como manifestaciones multicausales subyacentes en los patrones observados.

Real y Ramírez (1992) aceptan la búsqueda de regularidad para determinar patrones, pero de inmediato aclaran que los patrones no necesitan ser regulares. Las tendencias geográficas son una consecuencia de relaciones entre los propios organismos y el contexto geográfico particular donde coexisten los organismos, al margen de la posibilidad de determinar o no regularidades en esas relaciones. Todas las tendencias geográficas son patrones de distribución, ya sean o no regulares. Un patrón está asociado al orden y este orden es el resultado de constreñimientos, de la acción de atractores, que limitan el espacio de fase posible a ser ocupado por los componentes del sistema de referencia. Gracias a ciertas relaciones relativamente invariantes en el espacio somos capaces de distinguir un patrón. Sin embargo, el orden, el patrón, no tiene que ser regular. El patrón es una consecuencia del orden, pero no necesariamente de la regularidad.

Lo ordenado puede ser tanto regular como irregular, según vimos en el Capítulo 2. Lo ordenado está asociado con la manifestación de estabilidad en coordenadas espaciales y temporales; lo regular, con lo repetible y lo reproducible. Un ecosistema, una comunidad, es un ensamble ordenado, de elevada organización, pero no tiene que ostentar regularidades invariantes en cuanto a la composición de las especies. Los ensambles biológicos son mantenidos por vínculos organizacionales que mantienen determinados patrones de configuración y funcionamiento. Los componentes específicos de tales ensambles suelen cambiar de manera azarosa e irregular (Lobo, 1999; 2000; Halffter, 2000, 2003b). Todo patrón biogeográfico, desde el momento que es distinguido, implica regularidades dinámicas más o menos invariantes. No obstante, los patrones también cambian bajo la acción de lo contingente y lo aleatorio, lo cual a su vez coexiste congénitamente con lo regular, lo recursivo y lo invariante.

PROCESOS

De manera intuitiva, aceptamos lo *procesal* en conexión con lo regular y determinista, con lo secuencial en el tiempo y el espacio. Lo procesal es lo contrario a lo *eventual*; a esto último le adjudicamos un carácter casual, no intrínseco a la dinámica del fenómeno focal. Morin (1984) instruye acerca de *eventos* y *elementos*. *Evento* es cambio, lo que adviene en el tiempo; es lo improbable, singular, accidental, concreto; en resumen, contingente. No existe evento puro, porque todo evento opera en un sistema, en un contexto. Los *elementos*, lo material, lo sólido, tampoco son abstracciones en el espacio, se encuentran adscritos a un tiempo específico. Es posible identificar la noción de *elemento* con la de *componente*. La noción de *elemento* (desde nuestro punto de vista, también la de *componente*) es identificable, básicamente, con una *ontología espacial*, mientras la noción de *evento* entraña una *ontología temporal*.

Los elementos o componentes, por su carácter también singular y temporal; accionan como eventos en determinados contextos espacio-temporales. Un evento entraña la intersección en el tiempo del accionar de diferentes elementos o componentes. No existen eventos sin componentes y los componentes pueden tener un carácter eventual. Los eventos pueden ser reguladores o modificadores de los componentes, al igual que los procesos, pero éstos últimos accionan determinísticamente. Los eventos representan manifestaciones del alea ambiental, de lo casual, con relación a la dinámica de los fenómenos focales. A su vez, un evento es un resultado o emergencia de un conjunto de interacciones e interrelaciones entre componentes en determinado contexto espacio/temporal, los cuales ostentan su dinámica propia, y esta dinámica puede ser determinista. El mismo fenómeno logra ser evento en un sistema, y elemento o componente en otro.

Salthe (1985) caracteriza al *evento* como lo opuesto a *proceso*. Los *procesos* son continuos y accionan de manera determinista, bajo cobertura de leyes. Por el

contrario, los eventos son resultados únicos de fluctuaciones, y describen resultados discontinuos de los procesos. Una conjunción de eventos puede devenir en procesos y hacer emerger un sistema de elementos o componentes particular, un patrón determinado. En palabras de Salthe, *los eventos no interaccionan con las dinámicas que informan*, pues resultan de dinámicas a diferentes niveles de organización. Los eventos son casuales, pero lo casual no es más que una intersección de trayectorias, las cuales muy bien pueden ser procesales, deterministas. Por ejemplo, una erupción volcánica es la culminación de una serie de *procesos* geológicos, pero es un *evento* que puede modificar, o aun destruir, los procesos ecológicos de los ecosistemas, es decir, sus componentes, en las cercanías del volcán. Los eventos representan una dinámica del alea ambiental, del rostro caótico, de lo contingente en la naturaleza, mientras que los procesos tienen un carácter determinista, emergente de interacciones regulares, recursivas.

Los eventos se manifiestan como fuerzas o agencias heterárquicas, accionantes, representan causas eficientes en estimular o modificar procesos no embebidos en la causalidad formal previa del sistema de referencias. Sin embargo, la acción conjunta de eventos provoca una dinámica relacional regular, determinista, es decir, procesal. Del mismo modo, la irrupción de una especie muy competitiva en un ensamble histórico de organismos es un evento casual en relación con la dinámica particular de ese ensamble, pero podría alterar profundamente dicha dinámica, y modificar patrones de distribución y relaciones ecológicas. Las especies “invasoras” son capaces de modificar procesos preexistentes en dicho contexto particular o, inclusive, estimular la generación de nuevos procesos. Es decir, que tanto eventos como procesos modifican el espacio biogeográfico.

ACERCA DE PATRONES Y PROCESOS BIOGEOGRÁFICOS

Myers y Giller (1988a) y Espinosa *et al.* (2002) propusieron una clasificación general de patrones biogeográficos. Los patrones biogeográficos se perciben como diferencias de diversidad de especies, composición taxonómica y relaciones

históricas entre las biotas de diferentes áreas. De igual modo, evidencian áreas de endemismo, disyunción espacial y relaciones de jerarquía y reticulación entre áreas. La *disyunción* y las *áreas de endemismo* son los patrones básicos de la distribución biogeográfica (Espinosa *et al.*, 2001). Los patrones biogeográficos son configuraciones emergentes de procesos adscritos a otras dinámicas de la ontología del planeta, cuya índole puede ser biológica, evolutiva, ecológica, geológica o climática. ¿Significa ello que la biogeografía tiene una personalidad apócrifa? En lo más mínimo; por el contrario, en ello radica la identidad compleja de la biogeografía. La biogeografía es una ciencia de emergencias de forma y sentido en el espacio y el tiempo, de las configuraciones modeladas por atractores y repulsores biogeográficos. Para Heads (2005a), los términos “patrón y proceso” componen un cliché “especialmente horrible”. No obstante, meditemos sobre su posible racionalidad.

Myers y Giller (1988a) se preguntan si los procesos biogeográficos, *per se*, existen. La duda es razonable y legítima, si aceptamos que los procesos implicados en la formación de patrones biogeográficos, ya sean bióticos o abióticos, no tienen una naturaleza específicamente biogeográfica. La superficie del planeta cambia debido a la conjugación de procesos, a la vez que independientes, imbricados en una red de interrelaciones. Los movimientos tectónicos son capaces de alterar el nivel del mar y la circulación de sus corrientes; lo que modifica el clima. La génesis y el desarrollo de cadenas montañosas determinan la existencia de ambientes distintos a ambos lados de las cordilleras, como ha ocurrido con los Andes y en el este de África. A su vez, modificaciones climáticas, engendradas por cualquier tipo de red causal, también repercutirán en los niveles oceánicos, al margen de la tectónica, como han evidenciado los ciclos glaciales. Fenómenos más efímeros y localizados, como incendios, erupciones volcánicas, tempestades, y los tipos de suelo o de aguas, también influyen en la distribución de lo vivo. Por otro lado, relaciones y procesos bióticos, como la competición, depredación, simbiosis, especiación y extinción, son capaces de delimitar y modificar la distribución en el espacio de los componentes bióticos involucrados.

A grandes escalas, los procesos bióticos también son capaces de generar y modificar procesos geoquímicos y climáticos. Por ejemplo, Pearce (2005) ha llamado la atención acerca de una “casha” biológica, “una hasta ahora oculta metrópolis microbiana en la atmósfera”, compuesta por detritus orgánicos, amén de algas, polen, hongos, bacterias y virus. Todos juntos constituyen alrededor del 25% del aerosol de la atmósfera; capaz de controlar el tiempo y alterar al clima. Además de la influencia climática, pudieran estar esparciendo enfermedades a través del planeta. Alteraciones en el clima logran provocar desertificación y arrasar con densos vergeles naturales; pero la autoorganización de grandes selvas genera, al mismo tiempo, condiciones climáticas metaestables locales que resultan favorables para sí mismas.

El lugar más polvoriento del planeta se encuentra al norte del Chad. Según detalla Giles (2005), el fuerte viento de la zona pulveriza la superficie de grandes bloques de diatomeas, remanentes de un antiguo lago. Las nubes de polvo formadas son capaces de influir de diversas maneras en el clima e, inclusive, se suponen con el poder suficiente para obstaculizar la génesis y la trayectoria de huracanes. Por otro lado, este polvo al precipitarse constituye un fertilizante para mares y selvas. Al mismo tiempo, semejante polvo pudiera afectar la respiración y fotosíntesis de organismos tanto marinos como terrestres. Lo interesante es observar como todos estos eventos y procesos, pertenecientes a diferentes dinámicas, se entrecruzan y empujan a través del tiempo y del espacio. De este modo, existe la potencialidad de transformar los patrones de distribución previos.

Patterson (1983) identifica los procesos biogeográficos con ciertos fenómenos biológicos (dispersión, evolución) y físicos (cambios climáticos y cambios geográficos). Myers y Giller (1988a) reconocen una gama más diversa de procesos bióticos y abióticos. Por su parte, Rosen (1988) sugiere la idea de la existencia de un *sistema biogeográfico* legítimo. Ello implica la factibilidad de considerar procesos distintivamente biogeográficos, en lugar de aspectos extendidos de la ecología, la evolución o la geología. Los procesos distintivos deben ser en forma de combinaciones características dimanadas de las naturalezas complejas de la

ecología, la evolución y la geología. Rosen distingue tres clases de procesos biogeográficos. Vargas (1992) conserva esta distinción.

- (1) Procesos que mantienen la distribución.
- (2) Procesos que cambian la distribución.
- (3) Procesos de origen.

El sistema o espacio biogeográfico constituye una fenomenología *emergente* de las relaciones espaciales y ecológicas de los organismos. Por otra parte, los procesos y eventos congénitos de dinámicas biológicas, climáticas y geológicas modelan las relaciones espaciales de los organismos, su espacio biogeográfico. Tales relaciones co-determinadas generan patrones biogeográficos, constituyentes de configuraciones espaciales de los sistemas biológicos. Los patrones representan así una fenomenología singular, no reducible de manera exclusiva ni a lo biológico, ni a lo geológico, ni a lo climático. Es por ello que Rosen y Vargas ofrecen una salida interesante a esta situación de comprensión complicada. No obstante, estas interesantes y racionales proposiciones no son seguidas, en sentido general, por la comunidad actual de practicantes de la biogeografía. Para Morrone (2004), los procesos biogeográficos son aquellos que *modifican* la distribución geográfica de los seres vivos. Los procesos biogeográficos más reconocidos son la *dispersión*, la *vicarianza* y la *extinción* (Nelson y Platnick, 1981; Pielou, 1992; Morrone, 2004).

Según Platnick (1976), el término *dispersion* significa la expansión más o menos continua de un ámbito de distribución, mientras *dispersal* se refiere a la colonización a través de una barrera. En idioma Español, el primer término se corresponde con el proceso de difusión, diseminación o expansión de ámbitos territoriales, mientras el equivalente a *dispersal* es la dispersión. Myers y Giller (1988a) proponen que el término *dispersión*, en sentido amplio, aluda a la transferencia de una locación a otra de individuos o taxones. La dispersión a través de espacios no adecuados sería “dispersión a saltos” (jump dispersion). Myers y Giller optan por el empleo de “expansión de ámbitos” o difusión, para señalar el movimiento natural de alejamiento del sitio de nacimiento o para evitar

competición con relativos. Este movimiento es capaz de mantener una fase dispersiva aun en un ambiente homogéneo y adecuado para los organismos de referencia. El término dispersión a saltos lo utilizan para el movimiento que implica el cruzamiento de barreras. En adición, reconocen un tercer movimiento, la *deriva del ámbito* (range shift), resultante entre la acción de barreras y condiciones ambientales cambiando a través del tiempo, las cuales provocan extinciones en partes del ámbito de distribución primario. La dispersión es un concepto integrador de diferentes procesos biogeográficos, los cuales han estado rodeados por mucha semántica y confusión.

Por su lado, Vargas distingue una *dispersión ecológica*, consecuencia de establecimientos de nuevos inmigrantes procedentes del otro lado de una barrera. La *dispersión biogeográfica* se refiere al asentamiento de una nueva población más allá de los límites espaciales de una especie (suponemos que de límites previos, pues, de hecho, la distribución siempre tiene límites). La difusión o expansión sería dispersión de descendientes sin rebasar el área de distribución de sus progenitores. En adición a la *dispersión a saltos*, Pielou (1992) reconoce la *difusión* y la *migración secular*. La difusión es el movimiento gradual de poblaciones a través de hábitats adecuados durante muchas generaciones. La migración secular, por su lentitud a través del tiempo, permite evolucionar a las especies. Ronquist (1997) discierne entre una *dispersión predecible*, ocasionada por la desaparición de una barrera, y la *dispersión al azar*, manifestada como colonización al azar de áreas al atravesar barreras de manera pasiva o activa.

Morrone (2004) se representa la dispersión de un taxón a partir de su *centro de origen*, atravesando barreras y llegando a colonizar nuevas áreas, a través de un escenario geográfico estable. Discrepamos de éste último punto de vista. Para admitir o invocar la dispersión, no es necesario concebir el movimiento de los seres vivos a través de, por lo general, incognoscibles centros de origen y de geografías necesariamente estables en el decurso del tiempo. Conceptuamos la dispersión en el sentido de expansión del área o ámbito de distribución previo del taxón, ya sea a

través de vías “activas” o “pasivas”, o bien mediante el cruce o no de barreras o situaciones ecológicas no adecuadas para el taxón en cuestión (Fig. 5. 4). La dispersión siempre es ecológica, pues la llevan a cabo interaccionadores; pero su consecuencia es biogeográfica. Por consiguiente, la dispersión hace emerger un patrón biogeográfico determinado. La *deriva del ámbito* la contemplamos como la dinámica natural de expansión y contracción del área de distribución de una población o taxón a través del tiempo. La diferencia entre dispersión y expansión es, de cualquier manera, feble, por constituir eventos emergentes de particularidades contextuales en el movimiento espacial de los organismos.

Croizat y seguidores (Llorente *et. al.*, 2003) hacen énfasis en la ausencia de “medios de dispersión”. Ellos denominan “medios de supervivencia” a determinadas estructuras o capacidades que posibilitan la diseminación, desplazamiento activo o reproducción a los organismos. Estos atributos, fortuitamente, son los involucrados en los eventos dispersivos. En efecto, la autoorganización de los procesos evolutivos y la selección natural no desarrollan

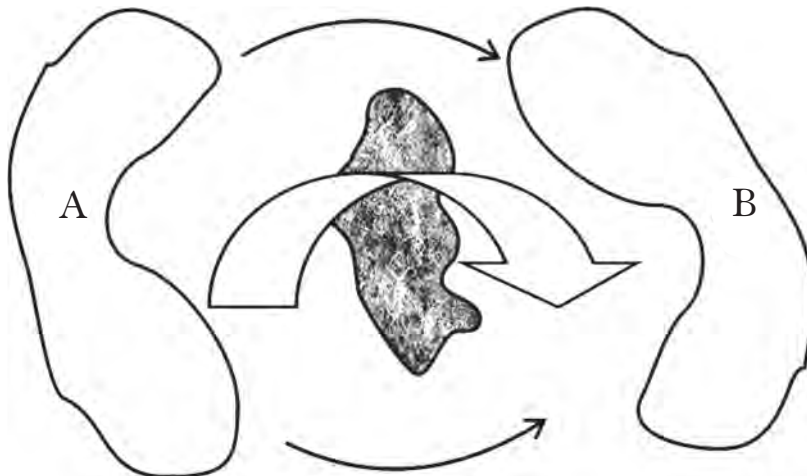


Fig. 5. 4. Esquema de la dispersión. Este evento se desarrolla atravesando o bordeando una barrera entre dos áreas disjuntas.

estructuras o capacidades “para” la dispersión. La dispersión es una acción contingente, individual. Muchos organismos son capaces de desplazarse en búsqueda de recursos y de ambientes más óptimos para sus necesidades. Ese desplazamiento podría devenir en una dispersión “activa”, lo cual no quiere decir que no sea casual. Otros organismos, en diferentes estados de sus desarrollos ontológicos, son propensos a ser transportados por diferentes vías, ya biológicas, ya físicas, y así traspasar los ámbitos primarios de distribución espacial de sus antecesores.

La *vicarianza* (Fig. 5.5) acontece cuando se desarrolla una barrera que fragmenta una distribución previamente más continua, y de este modo suscita la disyunción espacial de poblaciones o taxones coexistentes originalmente en el mismo espacio geográfico. Las barreras surgen por diferentes causas, como movimientos tectónicos u orogénicos, cambios climáticos, eustáticos o ecológicos. Las barreras significan una eventualidad para el sistema de referencias. Esta eventualidad se erige como *barrera*, en el sentido de obstáculo para el desplazamiento de un organismo, cuando culmina en una disyunción espacial para un sector de la biota que se distribuía previamente en un área más extensa y relativamente continua. Una

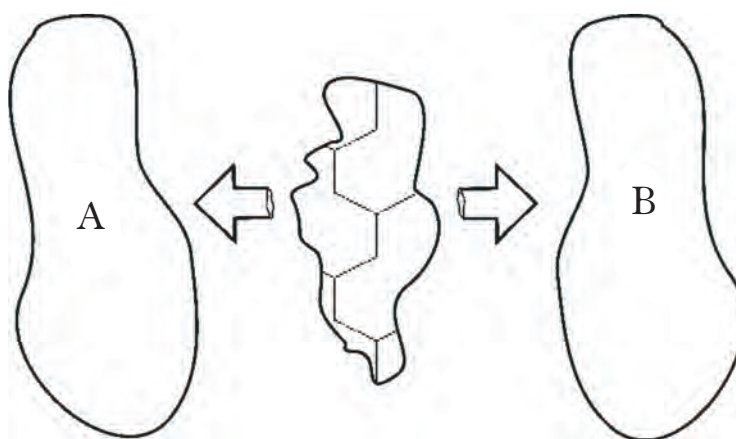


Fig. 5.5. Esquema de vicarianza. La conectividad entre áreas queda interrumpida por el desarrollo de una barrera.

disyunción *real* requiere de una barrera *real* a la *dispersión* de los individuos pertenecientes a poblaciones separadas por dicha barrera (Espinosa *et al.*, 2002). La diferencia entre disyunción y discontinuidad es la incapacidad de los individuos en la primera de salvar la barrera que separa un espacio del otro. En consecuencia, el patrón de distribución disyunta, para ser considerado vicariante, es distinguido cuando dos o más áreas ocupadas por un taxón se hallan separadas entre sí por una distancia que excede la capacidad “normal” de dispersión o diseminación del mismo.

Zunino (2003) propone la existencia de una “vicarianza dinámica”, donde el área original, por la acción de factores ambientales, resulta modificada, lo que restringe y separa una biota más ampliamente distribuida con anterioridad. Tal es el caso de la distribución vicariante actual de los tapires, en la región neotropical y la oriental. Condiciones más cálidas y húmedas debieron posibilitar la distribución de este grupo por todo el norte de Eurasia y América. Por supuesto, éste tipo de hipótesis requiere para su contrastación del hallazgo de restos fósiles del grupo en dichas áreas, cual es el caso. Para Zunino, lo atractivo de esta sugerencia es no necesitar, para explicar los patrones actuales, una apelación a supuestas fragmentaciones de áreas en tiempos anteriores a la evolución del grupo bajo análisis, ni tampoco afianzarse a sospechosas dispersiones a grandes distancias a través de los océanos. De cualquier manera, creemos que esta “vicarianza dinámica”, representa el mismo proceso de “deriva de ámbito” ya mencionado.

En definitiva, la disyunción espacial inducida por la vicarianza es una consecuencia de la separación de poblaciones incapaces de ponerse en contacto, debido a la imposibilidad de dispersarse entre el espacio disjunto creado. La vicarianza sólo ocurre cuando las modificaciones del paisaje original erigen barreras para la movilidad espacial de algún grupo de organismos. La vicarianza, aún más que la dispersión, representa la conjunción de eventos autorreferenciales. Una barrera es percibida por la autorreferencialidad de un organismo como un espacio infranqueable, o al menos dificultoso de salvar, por sus capacidades

habituales de movimiento, ya sea activo o pasivo. Lo que constituye barreras para algunos no es necesariamente una barrera para otros.

Las distribuciones disjuntas, junto a las distribuciones amplias, son el resultado del cómo los organismos “alumbran” sus mundos respectivos, y del cómo estos alumbramientos respectivos configuran patrones en el espacio biogeográfico. Dispersión y vicarianza son fenómenos que intervienen en la modelación de la historia y la evolución de los seres vivos en el marco geográfico. No obstante, el fenómeno “primario” en la distribución es la movilidad de los organismos: las barreras son una función de la interrupción selectiva de su movilidad. Y esta selectividad no es impuesta sobre los organismos, sino contingente sobre la autorreferencialidad de los organismos. Los propios organismos, sus respectivos acoples estructurales-ecológicos, seleccionan cuáles eventos, procesos o aspectos del alea ambiental se convierten o no en barreras para su movilidad intrínseca.

En la dispersión pasiva intervienen eventos del alea ambiental, ajenos hasta cierto punto a la autorreferencialidad o “sentido” de los organismos. Esta clase de dispersión podría llamarse dispersión “forzada”, más que pasiva, al materializar manifestaciones de dinámicas no relacionadas con el espacio ecológico de los organismos. En este caso, nos referimos a dispersión debida a eventos violentos de la naturaleza, como huracanes, torrentes, inundaciones y otras. Las modalidades de dispersión “pasiva”, posibilitadas por la presencia de estructuras u órganos de adhesión o capacidades para la flotabilidad aérea o acuática, han sido desarrolladas y preservadas por el desarrollo y evolución de los taxones, por su devenir en dimensiones de espacio, tiempo y sentido. Los organismos “deciden” sus propias modalidades de desplazamiento espacial.

Rosen se pregunta si tiene sentido concebir procesos biogeográficos de *origen*. Sin embargo, la mera supervivencia de los organismos en la biosfera implica que su existencia debe ser mantenida en un espacio: deben “producir” una distribución espacial para sobrevivir. Por consiguiente, es factible concebir procesos garantes de este espacio mínimo para la supervivencia. Desde esta perspectiva, los procesos

generativos de patrones los diferenciamos, no sólo como modificadores de distribución, sino ante todo como preservadores de una distribución espacial mínima, por lo cual tiene sentido conceptual procesos preservadores dinámicos de la distribución, del espacio que los organismos co-construyen para sobrevivir. Los procesos existen en una dinámica multidimensional, modificadora, conservadora y generativa. *Los procesos que originan al mismo tiempo modifican.*

El origen de nuevas especies genera nuevos ámbitos de espacio-tiempo-infodinámicos, pero ello no implica necesariamente la modificación de un patrón *geográfico*, aunque sí necesariamente *ecológico*. Toda nueva especie representa una nueva dinámica forma-espacio-tiempo, o sea, una nueva entidad *infodinámica*, y ello conlleva un reajuste en la dimensión espacial-ecológica, pero no necesariamente en la dimensión espacial-geográfica. Las modificaciones ocurren en un espacio ecológico, viable de ampliarse, modificarse o reducirse, sin alterar la distribución geográfica previa. Una especie recién emergida podría exhibir una ecología diferente a la de sus antecesoras dentro del mismo ámbito geográfico o viceversa: sería capaz de desarrollar una ecología relativamente similar en otro ámbito geográfico.

La extinción total de una especie o un clado es, primariamente, un fenómeno evolucionario, pero también biogeográfico. Las extinciones modifican ámbitos de distribución; cuando desaparecen taxones desaparecen relaciones ecológicas, acontecen necesariamente reajustes en el espacio biogeográfico de todos los organismos que interactuaban con la entidad desaparecida. Deben ocurrir reajustes de relaciones ecológicas, las cuales podrían conducir de igual manera a la ampliación o la restricción de la distribución espacial de los taxones sobrevivientes. Este proceso no asoma de manera explícita en los esquemas de Rosen y de Vargas, si bien Rosen admite una relación entre procesos de origen y los de extinción. Es muy probable que la extinción sea básicamente un proceso *modificador*, pero también, de alguna manera, coadyuve a la *generación* de nuevos ámbitos en la red de interacciones de la biosfera. ¿Sería posible considerar procesos biogeográficos a las

extinciones masivas? Según lo expone Marshall (1988), las extinciones no necesitan ser seguidas por procesos de generación, mientras las generaciones son capaces de ocurrir sin extinciones concurrentes o precedentes. Las extinciones no son un prerrequisito para las generaciones y viceversa.

Un proceso generador-mantenedor-modificador podría ser también la competición. De una manera u otra, la competición, la dispersión y la vicarianza, con todas sus variantes posibles, son fenómenos en-actantes heterárquicamente, en redes procesales de mantenimiento, cambio y origen de distribución espacial de los organismos. La distribución geográfica es una distribución en un espacio de paisajes, pero la distribución ecológica está moldeada por las interacciones organismo-entorno dentro y a través de esos paisajes. Le otorgamos más sentido visualizar procesos de sistemas biogeográficos a partir de un esquema similar al de Rosen y al de Vargas, aunque la distinción de procesos dentro de las tres categorías básicas, permanecería abierta a distintas interpretaciones.

Ante las reflexiones precedentes, no podemos eludir el travesear con una interrogante, ¿constituyen, en realidad, *procesos* la dispersión y la vicarianza? Parece legítimo considerar la dispersión (expansión del ámbito geográfico) y la vicarianza (disyunción espacial), no como *procesos* en sí mismos, sino *eventos*. La dispersión a través de barreras y la disyunción espacial, por incapacidad de transgredir barreras, constituyen resultados de eventos específicos, y son cumplimentados por, o afectan a -según el prisma de sentido utilizado- determinados organismos y no a otros. No existen procesos *para* incentivar dispersión ni *para* incitar disyunción. La dispersión es un fenómeno emergente de la dinámica espacial de las especies. Los linajes evolucionan capacidades y estructuras para sobrevivir, reproducirse y diseminarse. Todo esto sí es producido por procesos ontológicos conservados o modificados por la evolución. De manera contingente, dichas capacidades les permitirán o no dispersarse. Tales estructuras y capacidades, desarrolladas de manera intrínseca, les posibilitan a ciertos organismos capacidades de dispersión mucho más amplias que a otros.

Los procesos y eventos de variada índole que se erigen como barreras para

la dispersión de los organismos constituyen *eventos* generadores y modificadores de *patrones* de distribución, al provocar una disyunción espacial en la distribución de una parte de una biota dada. No existe ningún proceso que suscite una disyunción espacial, *per se*, porque la disyunción es una función de las posibilidades dinámicas del movimiento de los organismos. La disyunción espacial es un patrón. Los patrones, como acota Vargas, no son necesariamente configurados por procesos, sino por agentes causales. Al igual que en la dispersión, no existe ningún proceso *para* provocar fragmentación de las distribuciones. La fragmentación del espacio biogeográfico no es un problema físico, sino biológico. Si un río cambia su cauce e irrumpe a través de un bosque, fragmentará las distribuciones de los organismos que no tengan la habilidad, en alguna fase de su desarrollo ontológico, de atravesarlo. Si todas las clases de organismos que se distribuían más continuamente son capaces de salvar este río, el río no funciona como un agente vicariante.

Las barreras son siempre fenómenos eventuales y contingentes, sólo afectan aquellos organismos incompetentes para atravesarlas. De hecho, la misma definición de barrera es un término ambiguo. Si un organismo es capaz de traspasar una barrera, ¿representaba realmente tal accidente geográfico una barrera? Sin embargo, para otros organismos podría representar un obstáculo infranqueable. La vicarianza no es un fenómeno determinista ni sujeto a leyes; así, es un evento que modifica ciertas distribuciones espaciales previas. Las barreras son eventos modificadores-generadores de patrones, crean un patrón de disyunción al modificar un patrón de continuidad relativa en la distribución. La disyunción, por consiguiente, constituye una función del acoplamiento estructural organismo-entorno, de la autorreferencialidad de los organismos.

ENTRE LA VICARIANZA Y LA DISPERSIÓN: UNA VISIÓN CARTESIANA

Ball (1976) distinguió dos fases en la biogeografía histórica, aceptadas en sentido general hoy día: (1) Biogeografía narrativa. (2) Biogeografía analítica. La

biogeografía narrativa se identifica como discurso de ideas irrefutable, ajena al marco popperiano de demarcación entre ciencia y no ciencia. Desde este punto de vista, las narrativas consisten en la construcción de escenarios para ajustar un punto de vista dado. La biogeografía analítica es concebible dentro de un marco reemplazante de modelos o métodos inductivos de explicación por otros de corte hipotético-deductivos, predictivos y potencialmente refutables. Para Humphryes y Parenti (1987), la biogeografía narrativa es la práctica de usar eventos históricos (climáticos o geológicos) y varias asunciones *ad hoc*, tales como “todos los taxones tienen un 'centro de origen' y se han dispersado hacia otros lugares”. Ello constituye la base para las explicaciones de los patrones de distribución. En contraste, la biogeografía analítica se refiere a la comparación de los patrones de relaciones de diferentes grupos de organismos ocupando áreas similares para encontrar patrones biogeográficos.

Ebach y Morrone (2005) entablaron una interesante controversia sobre la biogeografía. Para Ebach, la biogeografía es una unidad de muchos métodos, ideas y procedimientos con diversas intenciones y objetivos. Es decir, que es una unidad diversa o *unitax multiplex*, típica de cualquier sistema complejo, ya sea natural o cognitivo. No obstante, Morrone considera conveniente tener una teoría unificadora inclusiva e integrar como biología evolucionaria a la biogeografía y la sistemática. Ebach disiente al respecto y aboga por conservar la independencia de ambas disciplinas, mientras propone dos biogeografías: (1) clasificatoria o sistemática (2) explicativa o evolucionaria (corología). La biogeografía sistemática clasifica áreas bióticas, al determinar relaciones entre sus biotas, sin focalizar mecanismos y procesos subyacentes en estas relaciones. En su criterio, las áreas bióticas, sus relaciones, son en sí mismas explicaciones. La corología construye un escenario histórico para explicar la distribución.

Por su parte, Morrone distingue los siguientes programas de investigación en biogeografía histórica.

1. Dispersalismo.

2. Biogeografía cladista.*

3. Panbiogeografía.

A continuación, reflexionemos sobre las implicaciones epistemológicas de estos programas.

Para Morrone, el programa dispersalista se centra en la localización de centros de orígenes o áreas ancestrales e invoca a la dispersión para reconstruir la historia biogeográfica de taxones particulares. Los argumentos acerca de la dispersión son asociados con explicaciones narrativas, inductivas y prácticamente inmunes a pruebas de contrastes o falsificación potencial. La dispersión intentaría explicar cualquier tipo de distribución disyunta por algún tipo de desplazamiento de un área a la otra, sin entrar a considerar las posibilidades físicas de los organismos involucrados, las distancias implicadas entre las disyunciones, y las características físicas y ecológicas de los espacios que separan dichas distribuciones. Como señalan Bueno y Llorente (2000), estas historias o hipótesis, en principio, no son susceptibles de ser sometidas al criterio de cientificidad popperiano, la falsación. Las historias no pueden excluirse unas a las otras cuando no existe una base lógica que permita la preferencia por alguna de ellas.

Es decir, las hipótesis dispersalistas constituyen enunciados irrefutables. Mal asunto. Al respecto, Real y Ramírez (1992) señalaron la posibilidad de incurrir en razonamientos lógicos circulares tautológicos-, cuando la dispersión se invoca a la ligera. Este tipo de enunciados serían como sigue: la distribución geográfica más amplia de la especie **A** con respecto a la de la especie **B** reside en su superior capacidad de dispersión. Pero si el criterio utilizado para determinar la capacidad de dispersión es, justamente, la amplitud de su distribución espacial, se hace equivalente al efecto con la supuesta causa. La consecuencia, entonces, es culpar a la

*Dentro de la biogeografía cladista se reconocen diferentes metodologías, como el Método de los Componentes, el Análisis de la Parsimonia de Brooks (BPA), el Enunciado de los tres Taxones (TAS), los Árboles Reconciliados, el Análisis de Dispersión-Vicarianza (DIVA) y el Análisis de Parsimonia de la Endemicidad (PAE). Morrone (2005) no incluye a éste último al no tener en cuenta relaciones cladísticas entre taxones.

dispersión de incapacidad explicativa. ¿No sería preferible censurar al indagador por razonar en círculos viciosos?

La vicarianza es asociada con el método hipotético-deductivo, al ser capaz de proponer hipótesis susceptibles de ser refutadas o corroboradas por evidencias contrastables entre sí. El objetivo primario de la biogeografía de la vicarianza es la identificación de fragmentos de distribuciones previamente continuas (Myers y Giller, 1988). Espinosa y Llorente (1993) y Goyenechea *et al.* (2004) resultan más rotundos, al acuñar como eje central y objetivo de la biogeografía la determinación de las relaciones históricas entre las biotas endémicas, las cuales son formadas por procesos vicariantes. Para Croizat (1982), “la vicarianza es, por consiguiente, de importancia primaria para la biogeografía histórica, y la dispersión es un fenómeno secundario de la distribución biótica. La distribución geográfica actual es el resultado de formación vicariante de grupos taxonómicos. La biogeografía basada en la dispersión es pseudociencia”.

Craw (1988) impugna la dispersión a larga distancia como propuesta *ad hoc*, no falsable y poco científica. Por su lado, Bueno y Llorente (2000) declaran con vehemencia su rechazo del concepto darwiniano de centro de origen y su corolario, la dispersión de las especies, como modelo conceptual de aplicación general en la biogeografía histórica. De igual modo, Morrone (2004) propugna: “el reconocimiento de patrones biogeográficos comprende el reconocimiento de trazos generalizados, áreas de endemismo y la formulación de hipótesis sobre relaciones entre áreas. Explicaciones basadas en dispersión a grandes distancias a partir de centros de orígenes debería rechazarse...La existencia de patrones demanda una explicación, como la fragmentación de biota ancestral por eventos geológicos, geomorfológicos o climáticos”.

Llorente *et al.* (1996) subrayan con vigor: “Gracias a la teoría de la vicarianza tenemos ahora, con muchos detalles, la historia de la coevolución de la tierra y la vida, las fechas de los acontecimientos de especiación...podemos saber cuáles fueron las barreras físicas que los causaron, cuántas especies antecesoras han existido, cuáles

fueron sus caracteres, donde vivían y durante cuál período geológico. Y podemos igualmente conocer el número mínimo de especies terminales que, o se extinguieron y aún no han sido encontradas como fósiles, o que viven pero que no han sido recolectadas u observadas....La vicarianza es la teoría central de la Biología, una nueva ciencia que engloba todas sus ramas, desde la morfología hasta la ecología. Es una síntesis revolucionaria, la mayor revolución surgida en la milenaria historia de la biología. Sobre ella se apoya el análisis de las relaciones históricas de sus distintas entidades. La elegancia suprema de la teoría de la vicarianza es que la historia de la Tierra se encuentra escrita en los cromosomas de los seres vivos”.

Es posible considerar estas imágenes de una presunta “teoría del todo” en la biología sólo un entusiasmo florido e hiperbólico. En nuestro criterio, lo único que indica una disyunción es la presencia de áreas separadas por espacios no ocupados por determinados taxones. No es posible que la disyunción, en sí misma, implique, *a priori*, todo lo descrito con tal vehemencia en el párrafo anterior. En primer lugar, no toda disyunción es vicariante. Una distribución discontinua podría estar indicando un patrón intrínsecamente fragmentado, autoorganizado de tal manera debido a la distribución parcheada de recursos, interacciones con otras especies o una combinación de relaciones. Hunn y Upchurch (2001) enfatizan la necesidad de conocer el tiempo de las disyunciones y de los taxones (los eventos geológicos pueden preceder el origen de los organismos que se distribuyen disyuntamente), lo cual tiende a ignorarse en los análisis.

La tendencia es aceptar toda disyunción como vicariante, con independencia de la probable edad geológica del supuesto evento vicariante en relación con la posible antigüedad de los taxones involucrados. No hay por qué asumir, tampoco, dispersión en un único sentido. Los organismos tienen la habilidad de moverse en diferentes direcciones, si las peculiaridades del espacio geográfico y su propia estructura biológica lo permiten. Miranda *et al.* (2003) coinciden en este punto de vista, al sugerir que la dispersión explica también la

especiación alopátrida y es un resultado de la selección natural, al favorecer la búsqueda de nuevos ambientes y la utilización de nuevos recursos.

De acuerdo con Bueno y Llorente (2000), la causa de la especiación alopátrida generalizada es el cambio geológico y no la migración. La causa de la vicarianza es siempre geológica. Los cambios tectónicos fragmentan biotas y las aíslan; la dispersión no puede explicar patrones comunes, sino únicos. La vicarianza sí, porque fragmenta biotas completas. Humphryes y Parenti (1987) resultan más eclécticos: “La distribución presente de la biota en el mundo ha sido causada por una variedad de fenómenos. Si muchos grupos taxonómicos no relacionados muestran un patrón repetitivo entre continentes, verbigracia Suramérica, Australia y Nueva Zelanda, es improbable que hubiera habido muchos eventos de dispersión, con los grupos arribando de manera independiente de un continente a otro.... La conclusión más lógica y simple sería sugerir que los continentes estuvieron en contacto y que los patrones actuales son debidos a la ruptura de una biota una vez continua”. Por su lado, Mayden (1991) alega “En la biogeografía, las historias evolucionarias son singulares y hablan de una historia biogeográfica, única, aun cuando las locaciones físicas o los productos colaterales de la diversificación puedan estar constantemente cambiando en relación los unos con los otros”.

Cada linaje posee su propia autorreferencialidad y su manera de interactuar con el ambiente. Debido a ello, la vicarianza no tiene que aislar las “biotas completas” de un área en particular, sino sólo aquellos grupos que perciben determinados eventos físicos como barreras a su movilidad y a su interacción usual. Así, Myers y Giller (1988b) reflexionan: “el punto de partida de cualquier reconstrucción de historias bióticas es un análisis de los ámbitos de distribución de los taxones bajo estudio...Es posible considerar, cómo desconocidos e hipotéticos, los procesos mediante los cuales se forman los patrones de distribución. La incorporación de hipótesis sobre procesos en los análisis introduce un elemento subjetivo... Si un número de taxones no relacionados muestran patrones de distribución similar en dos áreas disjuntas, entonces es más parsimonioso invocar a la

vicarianza. Es poco probable que taxones con capacidades dispersivas disímiles, muestren distribución congruente por dispersión en dos áreas disjuntas, si estas áreas han sido ocupadas de manera independiente... La dispersión puede ser igual de probable que la vicarianza en cualquier contexto histórico, pero la vicarianza es más factible de ser sometida a prueba de manera más rigurosa. Ello no refuta la dispersión como un proceso importante en formar patrones. No hay que relegar la dispersión al estado de *tan sólo cuentos*".*

Ebach y Humphries (2003) evalúan, "Aún hoy la biogeografía de la dispersión no integra exitosamente el concepto de una tierra dinámica. Sus métodos están todavía atrapados en tiempos pretectónicos... La plétora de métodos existe porque la biogeografía no es vista como un campo en su propio derecho. Ello refleja una ausencia y consenso de lo que constituye la ontología de la biogeografía... entendida ésta como la búsqueda de relaciones proximales entre áreas". En contraste, Wilkinson (2001) se refiere a la dispersión en términos de "...uno de los procesos fundamentales en la biogeografía, crucial para entender la distribución de los organismos e importante para la comprensión del impacto de los cambios climáticos en las distribuciones". Ello implica, justamente, la congruencia de los eventos dispersivos con la dinámica planetaria. En adición, Wilkinson (2003) impugna el señalamiento sobre la plétora de métodos y de los objetivos propuestos de la biogeografía histórica. "El único método no puede ser cladística y vicarianza".

Wilkinson prosigue: "Cuando se consideran escalas de tiempo mayores y unidades taxonómicas más inclusivas (enraizadas en un pasado más lejano) las explicaciones vicariantes (por deriva y fragmentación continental) pudieran ser más probables. En otras escalas, la dispersión y la extinción son más probables para explicar los patrones y los métodos cladísticos resultarían menos útiles.... toda isla surgida del mar inevitablemente se ha poblado por dispersión...Es de relevancia

*La expresión alude, irónicamente, a la conocida selección de historias de Rudyard Kipling "Just so Stories".

primaria discriminar qué tipo de organismo estamos analizando, no sólo por sus posibilidades físicas de desplazamiento pasivo o activo, sino por sus requerimientos ecológicos”. Desde el punto de vista de la movilidad, no es equivalente el estudio de la distribución de especies de bacterias o protoctistas, o de grandes árboles y mamíferos. Por supuesto, los requerimientos ecológicos son también de importancia primordial a considerar en estos análisis.

Wilkinson objeta el juicio de la dispersión como una fenomenología alienada de la dinámica planetaria. “La biogeografía es justamente uno de nuestros intentos para interpretar el universo. Tópicos complejos son probables de producir una 'plétora de métodos' con los diferentes métodos siendo más o menos adecuados para las diferentes cuestiones dentro del campo general de indagación. La necesidad de invocar tectónica de placas y vicarianza depende de las preguntas a responder y los casos específicos que se estudian”. Por su parte, Lobo (1999) denuncia a la biogeografía de la vicarianza “por reducir sin fundamento la capacidad dispersiva de los endémicos. Si la ubicación espacial actual de un taxón es consecuencia de las condiciones ambientales que prevalecen en esa área, y no necesariamente se corresponde con la de su área de origen, las hipótesis de reconstrucción histórica de la biogeografía de la vicarianza pierden fundamento. La biogeografía de la vicarianza es más explicativa cuando las áreas son más extensas y homogéneas desde el punto de vista histórico y más inclusivas las historias filogenéticas”. Y en la opinión de Dominik *et al.* (2004), “La aceptación a ultranza de la vicarianza ha impedido un desarrollo conceptual más completo de la biogeografía histórica, no obstante figurar éste fenómeno (la dispersión) en la causalidad general de los patrones biogeográficos”.

Hunn y Upchurch (2001) creen posible descubrir patrones generales configurados por eventos de dispersión. Por ejemplo, las biotas de los archipiélagos de origen oceánico se caracterizan por un patrón general, su carácter “sesgado” en relación con las biotas continentales más próximas. Muchos grupos bien representados en las biotas continentales se encuentran ausentes o con

representación paupérrima en las islas. Un patrón clásico es la ausencia de peces primariamente dulceacuícolas (intolerantes al ambiente marino o estuarino) en grupos insulares como Hawaii, Galápagos, Las Antillas, Las Canarias y Madagascar. De igual modo, en Cuba (10 900 km²), existen tan solo 4 ordenes y 6 familias de mamíferos vivos y extintos. En contraste, la isla de Trinidad, vicariante con el continente suramericano y con una extensión mucho menor a la de Cuba (4 828 km²), viven 6 órdenes y 16 familias vivientes de mamíferos (Silva *et al.*, en prensa).

Un patrón similar se observa en mariposas, con unas 350 especies en todo el archipiélago antillano y 650 especies en Trinidad-Tobago (Spencer-Smith *et al.*, 1994). Las diversificaciones llamativas de algunos linajes en condiciones insulares son, por lo general, atribuibles a la llegada de algunos miembros de algún linaje que luego se diversifica, como es el caso de las moscas *Drosophila* en Hawai, que es el lugar del planeta donde existen más especies de ese grupo, o de las polícromas hormigas *Temnothorax* en Cuba. Las palmas del género *Copernicia* son otro ejemplo, con unas 20 especies en Cuba y sólo 4 en el continente americano. De igual modo, la proporción de endemismo de algunos linajes en las islas suele ser ostensiblemente mayor que en las masas continentales.

Sin embargo, todos estos “patrones” son en sí mismos aleatorios. Las ausencias típicas, como la de los peces primariamente dulceacuícolas, sugieren que la vicarianza no ha intervenido en el poblamiento general de estos archipiélagos. La dispersión es también inconsistente consigo misma. Todas las islas de las Antillas Mayores, excepto Puerto Rico, tienen peces dulceacuícolas autóctonos. Esta isla sufrió un proceso vicariante con la Española, muy diversa en estos peces. En adición, presenta condiciones idóneas para la presencia de estos organismos. Sin embargo, las pequeñas Islas Caimán, relativamente aisladas, tienen dos especies autóctonas de peces dulceacuícolas en géneros diferentes.

Un patrón de distribución dado pudo ser ocasionado por dispersión, vicarianza, o por una intersección de diversos eventos. En ocasiones, la

interpretación del análisis de un patrón es asumida, no a manera de una construcción explicativa contextual, válida para una fenomenología particular, sino como la adherencia a un paradigma. De este modo, si uno invoca, sobre la base de determinadas evidencias circunstanciales, a la dispersión como explicación más probable de un patrón dado, entonces uno es un “*dispersalista*”, profesante del “*dispersalismo*”. O por el contrario, uno acudiría al “*vicariancismo*” para ofrecer, literalmente “extraer” del paradigma, una explicación “*vicariancista*”.

La biogeografía, nos recuerda Vargas (1991), abarca el estudio de las distribuciones espaciales y temporales de los organismos, e investiga tales distribuciones basándose en fenómenos paleogeográficos, paleoclimáticos y evolutivos. Y los fenómenos biogeográficos se desarrollan y emergen en un espacio substrato complejo que en-acciona con dinámicas geológicas, ecológicas y climáticas. Los fenómenos biogeográficos deben ser ajenos a interpretaciones totalitarias. Las disyunciones que observamos en la naturaleza son aspectos de una realidad ontológica. Esta realidad ontológica la “actualizamos” desde “realidades” epistemológicas. Las disyunciones que aparecen en este espacio virtual son también virtuales, paradigma-dependientes. Afortunadamente, y por el propio hecho de ser virtuales, son susceptibles de ser revalorizadas y recontextualizadas.

BIOGEOGRAFÍA CLADÍSTICA O DE LA VICARIANZA CLADISTA: ¿INDICAN LOS CLADOGRAMAS SOLAMENTE VICARIANZA?

De acuerdo con sus postulados, la biogeografía cladística o de la vicarianza permite reconstruir la secuencia de fragmentación del conjunto de las áreas bajo estudio. Dicha secuencia representa una biota ancestral ampliamente distribuida en el pasado, que ulteriormente fue fragmentada por algún evento tectónico o geomorfológico (Morrone, 2001, 2004). Visto así, este enfoque aparenta asumir que toda distribución actual es el resultado de eventos vicariantes en el pasado. Por otra parte, la biogeografía cladística se centra en los procesos o eventos que reflejan

vicarianza, porque sólo a partir de ellos resulta adecuado inferir relaciones genealógicas entre biotas y áreas. A partir de las relaciones de parentesco entre taxones se infiere la historia de las áreas biogeográficas. Las relaciones genealógicas descubiertas entre especies deben revelar también relaciones genealógicas entre áreas y viceversa. De esta manera, se ha hecho prevaeciente la idea de la existencia de relaciones genealógicas entre áreas. Veamos.

Sober (1988) realizó la siguiente analogía entre relaciones filogenéticas y relaciones entre áreas. Existen OBJETOS que poseen diversas PROPIEDADES. Los objetos son taxones y las propiedades en cuestión son sus características de morfología, fisiología, genética, bioquímica y otras. El objetivo es construir HIPÓTESIS de relaciones de descendencia común (homología) entre dichos taxones. Las relaciones se derivan de propiedades compartidas de manera exclusiva entre taxones (que representan la descendencia de un antecesor común exclusivo entre dichos taxones). Estas relaciones se establecen mediante el empleo de la parsimonia.³⁹ Las hipótesis evalúan las implicaciones acerca del cómo las propiedades exhibidas por los objetos les fueron transmitidas. En la biogeografía histórica, los OBJETOS son ÁREAS, las PROPIEDADES son los TAXONES, y las HIPÓTESIS consideradas describen *cómo los objetos geológicos soportan relaciones de descendencia común entre ellos*. Las hipótesis sobre dispersión se postulan cuando no tiene sentido proponer descendencia entre áreas. Es factible, reconoce Sober, someter la dispersión a prueba de hipótesis; pero es necesario tener en cuenta que una explicación *posible*, puede no ser *plausible*. En nuestro parecer, la misma suspicacia es aplicable para el caso de la vicarianza. De cualquier manera, Sober admite la *ausencia de algún argumento general y abstracto que favorezca la vicarianza sobre la dispersión*.

La idea de la existencia de genealogía de las áreas es parte consustancial de la biogeografía cladística. No obstante, Hovenkamp (1997) alerta que las áreas no se relacionan por genealogía vicariante. Los “portadores” de genealogía son los taxones que viven en las áreas disjuntas, relacionados espacio-temporalmente mediante los

eventos vicariantes que los afectaron a ellos o a sus antecesores. Los taxones en las áreas no son equivalentes a los caracteres en los taxones. *No son homólogos*. En la filogenia, las similitudes compartidas suelen ser evidencias de descendencia común, de homología, pero en el análisis biogeográfico los taxones compartidos no son prueba de lo mismo e inválidos como evidencias independientes de homología. Las diferencias fundamentales entre caracteres en un análisis taxonómico y los taxones en un análisis biogeográfico, deriva parcialmente de la vagilidad de los taxones respecto a los caracteres. Los taxones podrían desplazarse entre las áreas, pero los caracteres jamás se podrían escurrir de los taxones.

Las áreas, al igual que los taxones, se “mueven” y fluctúan; incluso desaparecen y reaparecen. El espacio geográfico es dinámico, de acuerdo con la acción modificadora-constructora de las fuerzas y agentes geológicos y climáticos. No existen invariantes espacio-temporales entre las relaciones de taxones particulares y áreas particulares; pero los taxones ostentan una relación invariante, única e irrepetible, con relación a su historia genealógica. Por el contrario, las áreas que distinguimos y delimitamos son espacios circunstanciales y eventuales, cuyas historias, como tendencia generalizada, tienen una expresión reticulada. Las áreas muestran historias reticuladas con relación a sí mismas, mientras los taxones se relacionan de manera jerárquica entre sí,* y a la vez desarrollan historias reticuladas con relación al espacio de la biosfera en el que viven. “En cada momento de su historia prosigue Hovenkamp- los taxones se encuentran constreñidos por las barreras operando en ese momento, no por el origen histórico de las áreas que habitan. No existe una conexión necesaria entre el origen de las áreas y la existencia y locación de las barreras actuales. Por consiguiente, no existe correspondencia absoluta entre el origen de un taxón y su distribución actual”.

**O se anastomosan, si ocurre especiación por simbiogénesis. Aun en el caso de aceptar un origen polifilético de una especie, debido a la simbiogénesis, la nueva especie representa una emergencia. Esa emergencia es también una divergencia, con relación a la historia filogenética de sus antecesores. Al mismo tiempo, dicha especie podrá ajustarse a cualquiera de las clasificaciones jerárquicas de los sistemas taxonómicos*

Inclusive, si existió una conexión, ésta tiende a desaparecer en la medida que se debilitan las barreras. Los caracteres de los taxones están restringidos al taxón en el cual se originaron, y a todos sus descendientes directos. Pero sí existe una conexión muy fuerte entre el origen histórico de un carácter y su distribución actual. Según deviene el tiempo, las barreras previniendo el flujo de caracteres entre taxones no se debilitan, sino se refuerzan. Respecto a las áreas, las barreras que limitan el movimiento de los taxones se desarrollan con tendencias más eclécticas. Es por ello que los linajes divergen de sus antecesores y especian. Del mismo modo, los organismos son capaces de modificar su distribución en el espacio en el transcurso del tiempo. Hovenkamp concluye: “Respecto a relaciones entre taxones, podemos estar confiados en el uso de caracteres como indicadores de historia, pero los taxones son mucho menos fiables como indicadores de historia de las áreas”.

Hovenkamp (1997) considera la analogía entre áreas y taxones tan persuasiva,* que termina por difuminar los dos muy distintos objetivos de la biogeografía histórica, los cuales deben estar nítidamente demarcados en lo conceptual y lo metodológico. En su criterio, el análisis biogeográfico abarca dos clases de tópicos:

(1) Reconstrucción de la historia de la Tierra: *relaciones-entre-áreas*. Es la historia de las áreas en las cuales viven las especies.

(2) Reconstrucción de la historia del taxón: *relaciones-entre-taxones*. Es la historia de las especies que viven en las áreas.

La distinción es acertada, pero a la vez resalta la formalización de una dicotomía innecesaria. En el primer caso, al menos en lo que respecta a la letra, se ignora la historia de las especies. En el segundo caso se desdeña la evolución de las

*Le asiste a Hovenkamp toda la razón. Lo difícil es comprender el por qué. En realidad, estas analogías no tratan a la relación área-organismo de manera homóloga, sino desde posiciones reduccionistas y de causalidad eficiente de las áreas con respecto a los organismos que las habitan. Aunque todo el mundo coincide en percibir a la vida como la manifestación más compleja de la materia, persevera la manía de la causalidad reduccionista. La vida debe estar gobernada por “algo” extrínseco y eficiente. Y lo que aparece más a mano es la Tierra.

áreas. De lo que se trata es de reconstruir una historia de la distribución de los organismos en el espacio y el tiempo. Por consiguiente, no es posible obviar ni el espacio donde se distribuyen los taxones, ni las relaciones que cohesionan a los taxones en su devenir temporal en espacios concretos. Tampoco nos sentimos cómodos con el concepto de reconstrucción de historia de las áreas dentro de un marco biogeográfico. La historia de las áreas se “reconstruye” a través de la interpretación de las evidencias geológicas, del mismo modo que la reconstrucción biogeográfica sólo es posible mediante evidencias de índole biológica. Las evidencias emanadas de las relaciones genealógicas y espaciales de los organismos pertenecen a una dinámica, si bien no enajenada, sí legítimamente diferente a la dinámica geológica. De manera patente, una hipótesis de relaciones espaciales entre organismos también es una hipótesis, circunstancial y probable, de la historia del espacio geográfico, pero no es una hipótesis geológica, y viceversa.

Las evidencias de una dinámica les son útiles al investigador como elementos de contrastes a las hipótesis de la otra dinámica, pero no subordina una fenomenología a la otra. Las reconstrucciones de la historia de la tierra y las de la historia de la vida las hacen los seres humanos con las evidencias y las tecnologías disponibles y aceptadas, e inmersos en determinados paradigmas. Ninguna hipótesis debe tomarse como un enunciado que materializa la *realidad*, sino en el sentido de una medida de *actualización*, de la interpretación de una *realidad bajo indagación*, dentro de los límites del conocimiento del momento. Las fronteras de esos límites siempre serán susceptibles de expandirse. De otra manera, la biogeografía quedaría reducida de manera exclusiva al estudio de las áreas, aún más, sólo a la búsqueda a ultranza de la fragmentación de las áreas, para justificar los patrones de distribución disjunta observados.

Hovenkamp (2001) distingue los siguientes enfoques dentro de la biogeografía histórica: (1) Biogeografía Cladística (2) Biogeografía de la Vicarianza. La primera práctica busca congruencia entre cladogramas taxonómicos de áreas de varios grupos monofiléticos. El objetivo es producir un cladograma

general de áreas, el cual ofrece un patrón común de relaciones entre áreas de varios grupos no relacionados. Para algunos, los patrones únicos de distribución histórica son irrelevantes (Llorente, 2000; Ebach, 2001; Ebach y Humphries, 2002; Heads, 2005a, b). Esta práctica responde a una perspectiva de relaciones-entre-áreas. Por su parte, la biogeografía de la vicarianza no se preocupa por la extensión de la distribución del taxón, sino con la posición geográfica de sus disyunciones y con la evidencia que puede ser extraída de las distribuciones observadas de los taxones. En esta perspectiva, es permisible el análisis de grupos particulares y representa la perspectiva de relaciones-entre-taxones.

ENFOQUES DE RELACIONES-ENTRE-ÁREAS

Bueno y Llorente (2000) declaran: “Uno de los propósitos fundamentales de la biogeografía es la de establecer una clasificación natural, basada en relaciones genealógicas entre las áreas, *que son las que verdaderamente importan si lo que desea es reconstruir la historia de la vida*. La mejor aproximación hacia el conocimiento de la historia espacial de la vida es la congruencia entre relaciones de áreas, establecida a partir del análisis de diversos taxones. La evidencia de tales relaciones se obtiene a partir de relaciones cladistas entre taxones endémicos o de homología espacial de trazos generalizados”. En coherencia con esta perspectiva, Zunino (2000, 2003) le adjudica un estado ontológico y genealógico al área de distribución. Según su opinión, el cambio biogeográfico sería tan sólo el efecto de dos fenómenos independientes: la variación de la superficie de la Tierra y de sus características físico-químicas, y de la evolución orgánica. Nos parece que tales eventos son razones poderosas y suficientes para el cambio biogeográfico, al margen de no ser por completo independientes. En palabras de Zunino, si las especies tienen tanto propiedades genealógicas como ontológicas, entonces el área de distribución también “especie”, se extingue o diverge. En conclusión, el área de distribución también tiene atributos genealógicos. Al otorgar la especie la propiedad de área de

distribución al espacio que ocupa, tal espacio específico se encuentra provisto de una realidad, a la vez ontológica y genealógica.

Las especies son consideradas la máxima secuencia temporal de *semaforontes* (portadores de caracteres) o *eidoforontes* (portadores de imagen) conectados por relaciones genealógicas (tocogenéticas) exclusivas. Del mismo modo, reflexiona Zunino, las especies serían la máxima secuencia de *nemoforontes* (portadores de lugares) que mantienen entre sí una relación exclusiva de ancestro-descendiente. El nemoforonte encarnaría aquella fracción del espacio geográfico donde está presente la especie en interacción no casual con el sistema. Desde este punto de vista, si el área de distribución tiene una realidad histórica y exhibe propiedades ontológicas y genealógicas, es posible hablar de historias de áreas de distribución y de relaciones genealógicas entre las mismas. Así, el área de distribución sería una entidad histórica.

Con este concepto entramos en conflicto. En primera instancia, el nemoforonte es definido sobre la base de una secuencia de individuos-que-están-en-un-lugar, al mismo tiempo que lo portan o transmiten de generación en generación. A continuación, Zunino conceptúa el nemoforonte como una propiedad sistémica, pues lo hace análogo con una fracción del espacio donde está presente la especie. Es decir, una parte o componente del espacio. Sin embargo, los organismos no portan o acarrear los espacios, sino *coexisten* en el espacio. El espacio es una relación coexistencial, como lo son el tiempo, la materia y el movimiento. En nuestro criterio, los organismos no portan caracteres, pues los caracteres no son componentes discretos mediante los cuales se ensamblan los organismos. Los caracteres son operaciones relacionales y de distinción de los observadores. Los caracteres los distinguimos como partes dentro del todo integrado que materializan los organismos. Es posible individualizar caracteres como componentes de una organización holística y demarcada en sí misma. Pero, ¿de qué manera podría un organismo *portar* un lugar o espacio? Ello equivaldría a distinguir a los organismos como “portadores” del tiempo o “herederos” del “tiempo” de sus ancestros.

En el juicio de Mayden (1991), si bien las relaciones genealógicas son únicas y permanecen siendo las mismas, las distribuciones de los taxones no están necesariamente constreñidas filogenéticamente, y pueden cambiar activamente en el espacio y el tiempo. Lobo (1999) niega el papel de atributo taxonómico a las características de las áreas geográficas de las especies. Las áreas de distribución representan el resultado de un proceso, de interacciones coexistentes entre las cambiantes condiciones del ambiente y las características de las especies. Rapoport y Monjeau (2001) ven el área de distribución semejante una instantánea fotográfica de un proceso dinámico. En el devenir del tiempo, estas áreas se “deforman”, de acuerdo con el seguimiento de los ambientes preferenciales de los organismos, y se detienen frente a barreras de tipo climáticas, topográficas, edáficas o biológicas. El área de distribución es una superficie de respuesta óptima a los retos del ambiente sobre los taxones. Según Llorente *et al.* (2003), la distribución geográfica de los taxones evoluciona, y ello hace surgir nuevas relaciones espacio-temporales. Es posible concebir la alternativa contraria. Los taxones evolucionan y, debido a ello, emergen nuevas relaciones espacio-temporales. Como resultante, las áreas de distribución se modifican junto con los taxones que las definen, pero no lo contrario, pues sin organismos que coexistan en un espacio no existen áreas de distribución.

Las especies son dinámicas espacialmente (Hengved, 1992, 1997; Lobo 1999). Cuando cualquier organismo viene al mundo, lo que “hereda” es su existencia en un espacio dado, porque todo lo material coexiste en un espacio y en un tiempo; pero la distribución en ese espacio se co-construye a través de sus relaciones e interacciones en un entorno dinámico. Los organismos “heredan” un entorno en constante “mutación”, de cambios dinámicos y muchas veces de cambios impredecibles y aleatorios. Las áreas de distribución son “relaciones adquiridas”, o mejor aún, son relaciones construidas y modificables. La distribución en el espacio no es una herencia ontológica predeterminada, sino una emergencia en un contexto dinámico y particular de organismos-entornos. *Los organismos causan sus propias relaciones espaciales, su distribución.* Ello es una necesidad lógica; pero, sobre todo, es

una consecuencia inevitable de la dinámica ecopoiética de los organismos.

En nuestro discernimiento, las áreas de distribución de los taxones no son entidades históricas, ni tienen propiedades genealógicas. Las entidades históricas son los taxones que muestran una distribución en el espacio. Las áreas de distribución son propiedades sistémicas, emergentes de la propia existencia de los sistemas de poblaciones de organismos-entornos. La connotación primaria de la genealogía es manifestada en la esfera digital de la vida. La distribución espacial pertenece a la esfera analógica. Por consiguiente, conforma una emergencia de la interacción y co-construcción organismo-entorno en sus ambientes, y puede ser modelada por fuerzas externas reguladoras del ambiente, ya sean cambios climáticos, catástrofes, enfermedades, parasitismo, competición, depredación o fluctuaciones estructurales en los paisajes donde cohabita una especie. La distribución de los taxones es una propiedad relacional dinámica, un proceso no-lineal, emergente de las interacciones de los organismos en su múltiple dimensión de forma que fluye con un sentido determinado en el espacio y el tiempo.

La genealogía es una propiedad intrínseca y clausurada informacionalmente. Cada especie tiene una genealogía exclusiva, aunque comparte elementos comunes de información, no sólo con otros taxones que han descendido del mismo antecesor común inmediato, sino con todas las entidades vivientes del planeta. El área de distribución es una propiedad sistémica, relacional, abierta, disipativa; su configuración, su *forma*, depende del interaccionar dinámico de los organismos en la esfera análoga del existir. Su extensión en la dimensión geográfica y ecológica, es decir, en el *espacio*, varía dinámicamente, literalmente “pulsa”, de acuerdo con las posibilidades de acoplamiento estructural e informacional entre los organismos y su ambiente, así como de la posibilidad de la utilización y consumo de diversos recursos en un espacio dado. Las historias biogeográficas son únicas y la historia del área de distribución de un taxón es un retículo espacio/temporal, constreñida ecológica e históricamente, pero al mismo tiempo dinámica, que no tiene ningún atributo físico heredable. Cuando un organismo surge a la vida, ya sea por división celular, a partir de una semilla, de una espora, o bien eclosionando de un huevo o porfiando a través

de un canal vaginal, lo único que ha heredado es su propia existencia, y su capacidad de *fluir* con un sentido, de interaccionar. Su espacio y su tiempo tendrá que construirlo a partir de ese momento. Tendrá que “alumbrarse” su propio mundo.

Según Ebach (2001), un cladograma de áreas no es un árbol que indica relaciones históricas, sino un enunciado de relaciones proximales entre áreas. Ebach *et al.* (2003) continúan: “Los nodos del cladograma, en vez de sinapomorfías, son ahora componentes o *cliques*, secuencias de áreas congruentes entre sí. Ello convierte el cladograma en un *areagrama*. Los cladogramas no pueden ser combinados, pero los areagramas sí, para buscar componentes comunes. Los cladogramas son únicos, las relaciones entre áreas son únicas, pero los areagramas no tienen que ser únicos entre ellos. Los areagramas son basados en relaciones de taxones dentro de un cladograma. Estas relaciones son nuestras evidencias primarias y los datos biogeográficos son secundarios”.^{*} Crother (2002) sólo acepta discernir patrones biogeográficos mediante cladogramas, “Los patrones son cladogramas y los patrones son de congruencia entre taxones y entre taxones y áreas. Los patrones son hipótesis capaces de ser sometidas a prueba en la forma de cladogramas”. Morrone (2004) lo expone de manera similar: “La búsqueda de patrones (mediante los trazos generalizados de la panbiogeografía y los cladogramas de áreas) debería constituir el objetivo principal de la biogeografía histórica”.

Cracraft (1988) tilda de reduccionistas a las interpretaciones basadas en cladogramas de áreas. En adición, advierte que la parsimonia podría oscurecer en potencia la historia de las biotas, dada la cuestionable analogía con la sistemática en la que se basa. Andersson (1996) propone rechazar la búsqueda de un cladograma general de áreas por considerarla un reduccionismo fútil y no realista. En su

**En realidad, las relaciones entre áreas, respecto a la biota que sustentan y/o comparten, no es única. Esa biota es el resultado de especiación simpátrida o alopátrida, dispersión, éstasis, vicarianza, extinción, migración (que es una dispersión recurrente), abandono de las áreas por grupos de organismos, o reintroducción de un grupo de organismos en dichas áreas. Estos no son patrones totalitarios. Cada grupo tiene su propia historia de evolución espacial, la cual sí es única. A nivel de biota entre áreas, las historias se entrecruzan y entretajan. Por supuesto, nuestra posición es que las evidencias primarias en la biogeografía son los datos de distribución de los organismos, no las relaciones entre áreas*

valoración, los patrones de los grupos monofiléticos deben ser analizados de manera individual; sólo a través de la historia de grupos singulares pudiéramos asumir una secuencia única de eventos históricos. De otra manera, sería posible obtener relaciones espurias en los cladogramas de áreas. Andersson critica la concepción de reconstruir la historia de las áreas sobre la base de la historia de la biota. Todo ello implica la asunción tácita de alguna clase de relación natural existente entre áreas y biotas, la cual puede ser recuperada de datos de distribución y filogenéticos. A este tipo de asunciones y práctica las censura de “extremadamente reduccionistas”.

Andersson concluye: “No se le debe dar prioridad a la dispersión o a la vicarianza. La base ontológica de la biogeografía sería analizar las conexiones históricas entre las biotas y cómo se han congregado a través del tiempo. No existe razón para asumir la existencia de un único patrón general de relaciones entre áreas, compatible con todos los patrones individuales de todos los grupos monofiléticos de un grupo particular de áreas o biotas. Tampoco existe ninguna razón para esperar la explicación de un patrón por una secuencia de eventos donde todos sean de la misma naturaleza. En consecuencia, *el objetivo central de la biogeografía debe ser investigar cuáles patrones son los exhibidos por los grupos monofiléticos de la biota, cuáles patrones generales deben ser definidos sobre la base de patrones individuales, y tratar de explicar estos patrones generales*”. De manera congruente, Brooks *et al.* (2004) expresan que un cladograma general de áreas suministra información acerca de la historia geográfica común para algunos grupos no relacionados, pero no para la historia geográfica de la especiación en sentido general. Por ende, un cladograma de áreas no representa una “necesidad” primaria para la biogeografía.

El enfoque de Andersson, al igual que el de otros autores (Hovenkamp, 1997, 2001; Hunn y Upchurch, 2001; Brooks y McLennan, 2001) es hacer una biogeografía de historia-de-los-taxones, donde resulta igual de válido analizar la historia biogeográfica de un grupo en particular, o la congruencia histórico-espacial de diferentes grupos. Hunn y Upchurch (2001) valoran los cladogramas de áreas tan sólo como enunciados de relación biótica entre las áreas concernientes, no una representación pura de secuencia de fragmentación geográfica. Un cladograma de

áreas no implica ni vicarianza ni dispersión. Los cladogramas de áreas no deben ser interpretados de manera literal en cuanto a representar la secuencia de fragmentación de las áreas; sólo reflejan relaciones bióticas recientes. Si se tiene un cladograma de relaciones filogenéticas entre taxones, se debe tener en cuenta lo siguiente:

(1) Un nodo descendiente no puede estar más atrás en el eje temporal que su ancestro.

(2) Un nodo ancestral no puede ubicarse delante en el tiempo que sus descendientes.

La dispersión suele ser considerada en un único sentido, pero el espacio no es igual al tiempo. El desplazamiento espacial puede ocurrir en cualquier dirección. No existe una “flecha espacial” termodinámica, pero sí existe una “flecha del tiempo” termodinámica unidireccional. No existe un constreñimiento *a priori* sobre un vector de movilidad, ni tampoco existe una razón particular para suponer que la dispersión deba ocurrir, en todos los contextos reales, en una sola dirección. Ello no significa que las particularidades de cada contexto ecológico no hagan más probable y factible el movimiento hacia una dirección que en otra; pero ello no constituye una relación universal. La segunda ley de la termodinámica, la “flecha del tiempo”, siempre es respetada en cualquier fenomenología, pero no existe un constreñimiento universal tan estricto respecto al espacio.

Si no se conoce la historia de las áreas y los taxones, el espacio no puede ser ordenado en una secuencia del mismo modo que el tiempo. Hunn y Upchurch refieren que no es dable polarizar de alguna manera preestablecida el carácter “multiestado”^{*} representando el espacio. Los datos sobre la distribución espacial de los organismos imponen un constreñimiento muy débil sobre la historia

**El término “multiestado” es una metáfora respecto al espacio como sustrato multidimensional. En este espacio, un taxón ocupa diferentes situaciones ecológicas, a las cuales accede por su propia capacidad de movimiento, por contingencias del alea ambiental o debido a una fragmentación de una distribución previa, lo cual también puede provocar cambios ecológicos en los fragmentos espaciales aislados unos de los otros. De cualquier manera, dicha “polarización” del espacio debe ser visto en un sentido muy general, pues el carácter no-lineal de las relaciones en la naturaleza podría violar una direccionalidad asumida como más probable.*

biogeográfica. Este constreñimiento se diluye según se incrementa el número de taxones y áreas. Sin embargo, la direccionalidad del tiempo suministra constreñimientos útiles en la construcción del carácter espacial multiestado. Es necesario considerar el tiempo y el espacio en coexistencia y consustancialidad. La panbiogeografía, de hecho, no es demasiado rigurosa con el tiempo. Su postulado básico es asumir que toda distribución disyunta debe, en primera instancia ser resultado de la vicarianza.

Hunn y Upchurch proponen modelar en cuatro tipos básicos las formas esperadas de interacción biótica entre áreas (Fig. 5. 6):

1. Dispersión desde el área Y hacia el área Z.
2. Dispersión desde el área Z hacia el área Y.
3. Dispersión desde una tercera área hacia Z y Y al mismo tiempo, o en tiempos ulteriores al aislamiento de Y y Z respecto a W o entre sí mismas.
4. Vicarianza: Y y Z llegan a estar aisladas una de la otra, después de haber estado combinadas formando parte del área YZ.

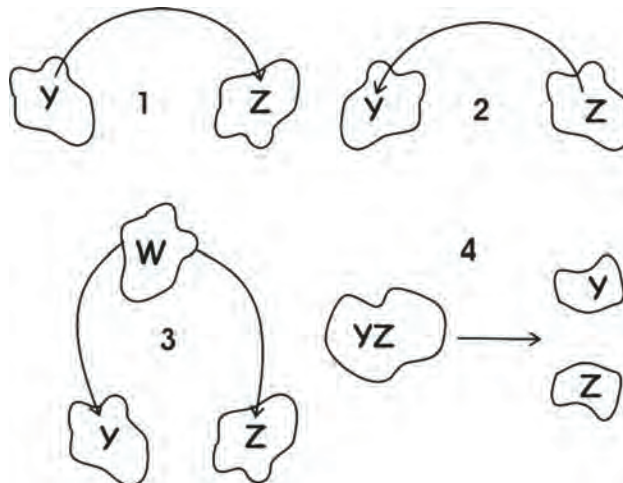


Fig. 5.6. Tipos básicos de interacciones de la biota entre áreas, según Hunn y Upchurch (2001). Explicación en el texto.

Todos estos eventos causales producirían el mismo cladograma de áreas, aunque sólo uno de ellos incorpora el evento particular que estamos tratando de descubrir. El hecho de construir un cladograma de áreas no implica disputar que las interacciones bióticas resulten de un evento u otro. Cualquier matriz cladística engendra una topología determinada, o un conjunto de topologías de las que sea factible extraer una información consensuada o congruente en algún sentido. Del mismo modo, cualquier interacción biótica espacial origina un cladograma de áreas con una topología, a partir de la matriz de información sobre la distribución de las especies. Estas evaluaciones no deben ser asimiladas de manera maniqueísta. Es necesario tener en cuenta la existencia de barreras y las condicionantes de tiempo implícitas en las topologías de los cladogramas (secuencia y posición de nodos ancestrales y descendentes). La vicarianza exige la acción sincrónica de los eventos que la producen. El constreñimiento más poderoso y de mayor valor predictivo resulta cuando es posible integrar la historia (tiempo) y la distribución (el espacio).

REDUCCIONISMO BIOGEOGRÁFICO

Andersson (1996) expuso: “La tarea de la biogeografía es explicar la Historia de las biotas, pero suele simplificarse a ¿cuál es la historia de las áreas? Las áreas son el objeto de las ciencias de la tierra, no de la biología”. Del mismo modo, Andersson explicita que la base ontológica de la biogeografía es la historia de la biota. Martín-Piera y San Martín (1999) reconocen lo seductivo de las visiones reduccionistas, dadas su elegancia, simplicidad y carácter expedito. Sin embargo, estos enfoques sólo aprehenden una parte de los procesos responsables de la distribución, por lo que debemos ser capaces de incorporar todos los procesos que generan y explican los patrones espaciales. En otro apartado, proponen los siguientes elementos como base del conocimiento biogeográfico:

- (1) Patrones de ámbitos geográficos de los organismos.

- (2) Relaciones genealógicas entre los organismos o taxones involucrados.
- (3) Conocimiento de la historia del espacio físico donde se distribuyen dichos organismos o taxones.

El enfoque de la primacía de las áreas en la biogeografía conlleva inevitablemente a planteamientos de reduccionismo manifiesto. Por ejemplo, Rosen (1978) profirió: “Reconozco que la geología y la biogeografía son partes de la historia natural y, si ellas representan la variable independiente y la dependiente, respectivamente, en una relación de causa y efecto, es que entonces pueden ser recíprocamente iluminantes.... En tal relación causa-efecto, la paleogeografía es asumida por necesidad lógica el ser la variable independiente y la historia biológica, la variable dependiente”. Este punto de vista fue validado posteriormente por Michaux (1989) e Iturralde-Vinent y MacPhee (1999). Rosen también estableció una analogía matemática donde y (biota) es una función de regresión simple de efecto y a partir de la causa x (geología o paleogeografía). En otro apartado, postuló: “...cualquier secuencia especificada en la historia de la tierra debe coincidir con algún patrón biológico manifiesto”. Rosen (1985) insistió en sus puntos de vista: “Es difícil imaginar cómo la congruencia entre datos biológicos y geológicos podría no ser más que el resultado de una historia causal, en la cual la geología actúa como la variable independiente suministrando oportunidades para el cambio al mundo biológico dependiente”.

Para Grehan (2000), la capacidad de migrar no es una cualidad intrínseca de los organismos, sino surge a partir de relaciones particulares de organismos y medio-ambiente. Por el contrario, Pearson y Dawson (2003) piensan en la habilidad de migrar como una relación concertada o función entre las características individuales de las especies y de la estructura del paisaje sobre el cual la dispersión ocurre. No todos los organismos con alas se dispersan ni son capaces de atravesar las mismas barreras. En una misma comunidad, existirán especies con la habilidad de dispersarse o migrar de manera regular, mientras otras especies no lo harán. Las fuerzas del ambiente que estimulan el movimiento migratorio son comunes para

todos los organismos coexistiendo en dicho ambiente, pero no todos migran. Revalidamos lo expuesto en el capítulo anterior. El ambiente es promiscuo, porque miríadas de organismos coexisten en el mismo ambiente; pero la diferencia que hace la diferencia para los organismos es el entorno; es decir, el ambiente co-construido por los organismos. Por lo tanto, los estímulos del ambiente que constituyen “causas eficientes” para coadyuvar en el desarrollo de ciertos procesos ecológicos, como la migración, no son ambientes-dependientes, sino una co-construcción organismo-entorno.

En primer lugar, dichas fuerzas o estímulos eficientes deben constituir signos con un sentido específico para la autorreferencialidad de los organismos, en este caso el abandono del ambiente local para desplazarse hacia otro ambiente local. En segundo lugar, los organismos interpretantes deben tener la capacidad estructural adecuada para movimientos de cierta magnitud. Por ello discrepamos de Grehan. De hecho, la migración no es un proceso dispersivo, sino un movimiento recurrente, desde el momento que el área de distribución “normal” de los organismos que migran comprende las áreas desde y hacia donde se desplazan. En efecto, la migración está relacionada con relaciones particulares organismo-ambiente, según esgrime Grehan, pero este movimiento se materializa gracias a las cualidades intrínsecas de los organismos que la llevan a cabo.

Con relación a la compleja biogeografía de las Antillas, subrayan Iturralde-Vinent y MacPhee (1999): “La ausencia de familiarización con los métodos de argumentación geológica puede conducir a errores simples o estimular la aceptación acrítica de ciertas reconstrucciones geológicas, porque estas últimas parezcan soportar ciertas hipótesis biológicas”. Del mismo modo, debe entenderse que un profundo conocimiento de la geología, si ésta se concibe rectora de lo vivo, conlleva a los mismos resultados: a una versión simplista de la evolución de la vida en el espacio y el tiempo. Dichos autores, con un evidente enfoque de la biogeografía centrado en relaciones-entre-áreas, catalogan de sesgo que en la compleja y poco esclarecida biogeografía histórica de las Antillas la tendencia sea hacia el énfasis de evidencias

biológicas sobre las geológicas.

En realidad, la biogeografía necesariamente *tiene que enfatizar* las evidencias de la distribución de los organismos, por la sencilla razón que los organismos no son *entidades geológicas*, sino *entidades ecológicas y genealógicas*. La construcción de conocimiento y los métodos geológicos tienen sus sesgos, y del mismo modo la biogeografía. El sesgo obvio más evidente en cualquier estudio biogeográfico, sería otorgarle más énfasis a las evidencias geológicas sobre las biológicas, y no lo contrario. Las evidencias biológicas: distribución geográfica y relaciones genealógicas, son las evidencias primarias en la biogeografía, su información basal para construir un conocimiento biogeográfico auténtico.

Las hipótesis geológicas, precisan Humphryes y Parenti (1987), no son ni más ni menos confiables que las hipótesis sobre relaciones de áreas derivadas de datos biológicos. Las hipótesis geológicas no refutan patrones biogeográficos. “Es factible la congruencia en historias de las áreas entre la biogeografía y la geología, pero relaciones de áreas basadas en relaciones biológicas pueden ser independientes de relaciones geológicas de las mismas áreas”. En el criterio de Brooks y McLennan (2002), la historia geológica no es necesaria para describir los patrones biogeográficos, pero sí es una ayuda para explicarlos. Las relaciones históricas entre las especies y las áreas donde viven pueden ser complejas, debido a la movilidad de los organismos y a la dinámica del ambiente. A su vez, las áreas evolucionan, se fragmentan o fusionan. Según Dávalos (2004), los modelos geológicos existentes para las Antillas sólo constriñen de manera muy distendida los patrones biogeográficos observados. Algunos patrones son razonablemente explicados por las hipótesis actuales de historia de las áreas, pero estas mismas historias no explican otros patrones. Dávalos sólo analizó los mamíferos del área, pero dichas conclusiones son aplicables a prácticamente cualquier grupo que se analice con rigor.

Iturralde-Vinent (2005) arguye sobre la imposibilidad de evaluar una tesis paleogeográfica a partir de criterios biológicos. En adición, asegura: “Las hipótesis paleogeográficas son bases para evaluar las biogeográficas”. Coincidimos con el

primer postulado, pero discrepamos con la aseveración anterior. Las hipótesis de una disciplina no son *evaluables* con hipótesis de otras disciplinas, sino con nuevas hipótesis más robustas y falsables de la misma disciplina. El corolario es diáfano: las hipótesis o tesis de una disciplina no pueden erigirse como base para *evaluar* las de otras. Sin embargo, hipótesis o tesis de una disciplina sí pueden resultar *contrastadoras* de sus respectivas homólogas en otras disciplinas. Ese es un principio básico de la *corroboración* de las hipótesis: la congruencia recíproca de un conjunto de evidencias contrastadoras.

Dicho autor subraya: “La paleogeografía debe evaluarse desde sus propios métodos...”. De acuerdo, pero tal argumento es aplicable a cualquier otra disciplina. “Las conclusiones de interés para la biogeografía histórica... se basan fundamentalmente en criterios paleogeográficos, de modo que son independientes de las propias hipótesis biogeográficas; éstas serían (las biogeográficas) exclusivamente para comprobar la validez de las conclusiones paleogeográficas, pero no para corregirlas”. De modo que lo *interesante* y *conclusivo* para la biogeografía, ¡no serían los criterios de relaciones biogeográficas! Por otro lado, se espeta que las hipótesis biogeográficas no sólo no pueden evaluar las paleogeográficas, sino únicamente son validas cuando corroboran las paleogeográficas, lo cual, obviamente, distorsiona el sentido tanto de la biogeografía como de la paleogeografía.

En otro pasaje se lee: “...la distribución de las biotas depende estrechamente de la paleogeografía y la geografía actual” (comprendidas, entre otras, las variantes relieve, suelo, oceanografía, clima y composición de las aguas y de la atmósfera). Por el contrario, la distribución *actual* de los taxones es un resultado fundamental de una geografía *ancestral* con relación a los paisajes del presente donde medran los ensambles bióticos. La distribución actual, y eso se evidencia con toda nitidez en los patrones biogeográficos más interesantes: áreas de endemismo, trazos generalizados, nodos panbiogeográficos y distribuciones disjuntas y relictas. Todo ello resulta una consecuencia de la *historia conjunta* de los ensambles bióticos y

sus ambientes.

En el artículo referido se intitula un acápite *biogeografía vs paleogeografía*. Pero tal beligerancia resulta innecesaria e inadecuada. Biogeografía y paleogeografía son dos disciplinas independientes del conocimiento, fundamentadas en fenomenologías y espacios sustratos diferentes. Ninguna disciplina científica se establece para estar *en contra* de otra. Un principio elemental de la ciencia es el dialogar creativamente con las fenomenologías variadas y complejas de la naturaleza, la sociedad y la mente. No obstante, dicho autor concilia: “La paleogeografía y la biogeografía deben ser correlacionables, pero las incompatibilidades habrán de ser resueltas dentro de los límites metodológicos de cada una de las ciencias”. Y concluye: “...Aún estamos lejos de comprender todos los detalles necesarios o, al menos, de llegar a un consenso al respecto”. Lo cual resulta una realidad incuestionable.

Dávalos subraya que la geología del Caribe es muy compleja, pues involucra placas tectónicas del Pacífico (Cocos y Nazca), Sudamérica y Norteamérica. Sin embargo, el tiempo preciso de estas placas como entidades subáreas no es conocido. También existen dificultades con reconstrucciones detalladas de la paleogeografía del área (Rega *et al.*, 2001). Por ejemplo, se acepta que el arco de las protoAntillas estuvo en estrecha relación con Norteamérica a finales del Cretácico. No obstante, se asume que el territorio protoantillano sufrió una inmersión total hasta el Eoceno. Durante 3 ma en la transición Eoceno-Oligoceno, se encontraba emergida la Cresta de Aves. Esta tierra conectó el norte de Sudamérica de manera más o menos continua con una masa compuesta por los actuales territorios de Puerto Rico, buena parte de la Española y Cuba Centro-Oriental (Iturralde-Vinent y MacPhee, 1999, 2004a,b; MacPhee e Iturralde-Vinent, 2000, 2005). Estos últimos autores han afirmado que las corrientes marinas del área caribeña, tanto las del Terciario como las actuales, no aparentan favorecer la dispersión sobre el agua desde el continente hacia las islas. Ello implica que el poblamiento insular tuvo que acaecer, al menos para aquellos organismos con escasas posibilidades biológicas y ecológicas de atravesar barreras y

sobrevivir a la aventura, durante una estrecha ventana temporal.

Sin embargo, existen patrones de distribución, conjugados con relaciones de afinidad genealógica, que sugieren otras alternativas. Entre los vertebrados, existen taxones muy antiguos, como las musarañas (*Solenodon*), las ranitas *Eleutherodactylus* y los lagartos *Cricosaura*, cuya presencia en las Antillas pudiera ser ubicada desde fines del Cretácico (Hass *et al.*, 2001; Hedges, 2001; Roca *et al.*, 2004). Otros elementos antiguos lo constituyen la “palma corcho”, *Microcycas* y la arcaica *Magnolia*. En la actualidad, todos estos taxones presentan distribuciones muy restringidas dentro del archipiélago. Nos parece incongruente imaginar el arribo de los antecesores de estos organismos a las islas atravesando porciones de territorios emergidos, sin conocer si en realidad estos constituían barreras ecológicas por presentar ambientes no adecuados. También es difícil imaginar travesías prolongadas y azarasas en balsas, protagonizados por organismos con requerimientos ambientales rigurosos. Por otro lado, las relaciones genealógicas más evidentes de algunos de estos taxones, así como de otros muchos en las Antillas son centro y norteamericanos, no sudamericanos (Warren y Crother, 2001; Llorente *et al.*, 2003). Basados en este tipo de interpretaciones, Spencer-Smith *et al.* (1994) y Miller y Miller (2001) han invocado eventos de vicarianza desde principios del Paleogeno o Cretácico tardío, entre las Antillas y la masa continental centro-norteamericana, para explicar la presencia de algunos linajes de mariposas en las Antillas.

Frente a la vicarianza continente-arco antillano primitivo existe una alternativa: dispersión por cercanía espacial estrecha. Pero aún persiste un tercer factor conflictivo, que es el de la permanencia subárea de los territorios. Al considerar estas situaciones, Hedges (1996) insinuó que en las Antillas debieron de existir, en todo momento a través de su historia, áreas emergentes (islas evanescentes), pero Iturralde-Vinent y MacPhee (1999) desafiaron a Hedges a encontrar dichas áreas. Posteriormente, Iturralde-Vinent y MacPhee (2004b) no refutan la incorporación de elementos antiguos previos al Eoceno Tardío, o incluso

del Cretácico Superior, sino subrayan que el tema está “abierto al cuestionamiento”.

La perspectiva biogeográfica adecuada no debe ser necesariamente el planteo de territorios pre-cocénicos emergidos *permanentemente*. Es razonable admitir la posibilidad de que el arco de islas transitando entre ambas Américas adquirió biota. Es plausible también suponer la eventualidad de una dinámica de territorios *evanescentes*, mientras se constituyeron de manera perdurable los territorios de las actuales antillas Mayores. MacPhee e Iturralde-Vinent (2005) cuestionan: “...si hubo fauna antillana pre-Cenozoica, seguramente consistió en más que unos pocos reptiles. En tal caso, ¿dónde estaba y dónde están los fósiles para documentarla?”. Pero las evidencias apuntan, hasta el momento, no sólo a reptiles, sino también a mamíferos, anfibios, plantas vasculares y diversos grupos de invertebrados.

Iturralde-Vinent y MacPhee (2004a) reconocen que la mayor diversidad de la fauna fósil del Cuaternario, con respecto a los registros más antiguos, es obviamente un artefacto debido a la mejor preservación de los fósiles en las capas geológicas más recientes. Siguiendo su propio razonamiento, es de esperar que, mientras más antiguo el sustrato, menos posibilidad de hallar evidencia fósil. Por otra parte, la distinción de relaciones biogeográficas no dependen del registro fósil. Lo que depende del registro fósil son las distinciones y relaciones paleontológicas.

A pesar de las aseveraciones previas, MacPhee (2005) confiesa: “cómo y cuándo los mamíferos terrestres alcanzaron las Antillas continúa siendo un *acertijo* y tema sujeto a debate”. Sucede que el fechado molecular de algunos fósiles insulares indica que son tan viejos, o más, que las 'primeras' ocurrencias de estos mismos grupos en Sudamérica. Según MacPhee, la explicación más probable es que todavía no han sido encontrados en América del Sur o *en cualquier otro lugar donde se hayan originado*. Dicho autor prosigue: “Que hayan podido existir linajes como *Solenodon* y otros desde antes del Eoceno en territorios insulares y persistir hasta la actualidad resulta *desconcertante*, porque no se han encontrado relativos fósiles continentales, ni la evidencia paleogeográfica la sustenta. Así, se extrae la *extraña* conclusión que estuvo en las islas desde finales del Mesozoico”.

Cuando analizamos cuidadosamente dicho artículo, lo que sí resulta *desconcertante y extraño* es la volubilidad de las interpretaciones 1. Si no hay fósiles no es posible asumir mayor antigüedad de los linajes. 2. Cuando hay fósiles cuya antigüedad resulta incongruente con ideas preconcebidas, entonces se dice que debe haber fósiles más antiguos por encontrar. 3. Si la interpretación molecular sugiere gran antigüedad, pero no hay fósiles, y además contradice la geología, entonces se tilda de ambiguo. En algunos casos, el razonamiento va acorde con la evidencia; en otros, en contra de la evidencia. 4. En conclusión, las aparentes incongruencias se achacan "...a un caos en la variación molecular o al registro fósil incompleto".

En el criterio de Heads (2005b): "Los detalles paleogeográficos de las islas no son conocidos y probablemente nunca lo serán...No evidencia de tierra en una región en un período en particular no significa necesariamente que hay evidencias para la ausencia de tierra. Los biólogos poseen mayor información potencial valiosa para decidir si hubo o no áreas pequeñas o tierras emergentes en una región. Usualmente esto es ignorado, porque la evidencia geológica es considerada más 'dura' que los datos biológicos...Los fósiles más viejos sólo ofrecen una edad mínima de divergencia. Los eventos geológicos anteriores son tomados como irrelevantes. De hecho, sólo los eventos más recientes pueden ser los irrelevantes. La correlación de la edad de los taxones con los eventos paleogeográficos asociados es probablemente el método más promisorio, pero ha sido utilizado muchas veces de un modo simplista. Por ejemplo, al asumir que toda la divergencia Terciaria entre ambas Américas sólo data desde la conformación definitiva del istmo".

Un poco más adelante, Heads anota, "La historia muestra que la información biológica puede ser usada tan eficientemente como la información geológica para hacer predicciones acerca de la paleogeografía". Y en rememoración de esta historia, Heads señala que, sobre la base de la información biológica, hubo predicciones acerca de conexiones entre Sudamérica-África, África-Australia, Australia-Sudamérica y América del Norte-Eurasia mucho antes de las ideas modernas geológicas al respecto. En el caso de Cuba, existieron también

predicciones sobre conexiones entre el archipiélago y el norte de América del Sur, y también fueron notables las ideas de León (1946), sobre la base de la distribución del endemismo vegetal, acerca de que el archipiélago cubano debió constituir prístinamente un conjunto de al menos tres archipiélagos aislados entre sí durante un tiempo.

Para Heads (2005b), es un error común de los biólogos tomar al pie de la letra sugerencias geológicas del tipo “no existen evidencias de presencia de tierra” durante un período de tiempo específico en un lugar dado, como una certeza de “existe evidencia para la ausencia de tierra”. De acuerdo con su criterio, al menos algunos grupos de taxones siempre han sido capaces de persistir en metapoblaciones sobre pequeñas áreas transitorias en el océano. Por supuesto, la selección específica de alguno de estos puntos de vista tendrá repercusiones esenciales para la comprensión biogeográfica de áreas complejas como las Antillas Mayores.

De manera muy acertada, Williams (1989) concilia: “La geología y la biología deben compartir historias comunes...pero este afortunado suceso será un hecho del futuro, no del presente; y lo será por aproximación, no por precisión”. Al igual que la dinámica de la vida, la dinámica propia de la Tierra es no-lineal, y la reconstrucción de la historia de áreas con decenas de miles de km², durante decenas de millones de años serán aproximaciones, dependientes de enfoques epistemológicos y tecnologías, pero también de obstáculos propios de la complejidad ontológica de la enrevesada dinámica geológica del planeta. Así, resume Heads (2005b) “Los detalles paleogeográficos de las islas no son generalmente conocidos y probablemente nunca lo serán”.

Tal vez, en el caso de las Antillas, la opción, para nuestra comprensión de su historia biogeográfica, no sería desafiar al descubrimiento de áreas proyectas no evidentes con los datos geológicos disponibles. Sería preferible admitir que existen incongruencias entre la capacidad explicativa de los modelos actuales sobre la historia del área y lo sugerido por determinados patrones biogeográficos, junto a las peculiaridades de muchos de los taxones que viven en las islas. El modelo de

Iturralde-Vinent y Macphee, al mismo tiempo que tiende a desestimar la dispersión sobre el agua, reduce en extremo la posibilidad de eventos vicariantes que satisfagan patrones biogeográficos de taxones muy antiguos y con requerimientos ecológicos severos. Estas evidencias constituyen alternativas no contempladas por el modelo de GAARlandia. Es necesario asimilar que el conocimiento acerca de la historia de estas áreas aún tolera nuevas sorpresas.

Ebach y Humphries (2003) declaran: “los procesos geológicos externos son la fuerza primaria guiando la evolución. *Ese es el sentido común de la biogeografía*, no la exposición de explicaciones narrativas. Sin procesos geológicos, los taxones permanecen confinados en sus áreas de endemismo y no existe ni evolución ni diversidad. Muchos biogeógrafos ignoran influencias de la geografía y la geología a favor de filogenias y linajes de genes. No hay razón para dudar del papel de los procesos geológicos como causas primarias para la composición geográfica y ambiental. Cambios intrínsecos (en los organismos) no pueden ocurrir sin un estímulo externo. La evolución son cambios en organismos que se encuentran viviendo y superviviendo sobre una tierra dinámica”.

De este modo, los organismos son efectos de causas externas, geológicas, sin ninguna capacidad intrínseca para moverse, distribuirse, desarrollarse y evolucionar. Para Ebach y Humphries, “la biogeografía es un campo con un objetivo: explicar la distribución actual de los taxones como elementos de forma, tiempo y espacio”. Pero este *desideratum* es incongruente con el tratamiento de las formas biológicas como objetos sometidos a fuerzas externas o con vislumbrar en la geología la “causa primaria guiando la evolución”. Las presuntas simetrías por subordinación vida-tierra, son susceptibles de ser quebradas por múltiples causas. Los organismos se extinguen, se dispersan, reinvasen áreas, no especian necesariamente en condiciones de disyunción geográfica o, por el contrario, ocurren intensos procesos de especiación en áreas pequeñas. También existen espacios geográficos muy poco utilizados por los organismos, pero resultantes de factores ecológicos, no geológicos. La existencia de los organismos en un espacio dado, no

depende del espacio, sino de los organismos. La vida evolucionó durante cientos de millones de años en espacios acuáticos, ignorando al espacio terrestre. La propia vida creó las condiciones para ocupar este espacio geográfico, sobre todo a través de procesos simbiogénéticos, tal y como ocurrió con los líquenes y las primeras plantas terrestres (Fortey, 1998; Margulis y Sagan, 2002).

La biosfera y el espacio geográfico no representan una *dicotomía*. La biosfera es una *relación de sistemas de redes* espacio-organismos. El espacio geográfico es una condición *necesaria*, pero no *suficiente*, para la existencia de organismos. La biosfera se expande o se contrae en el espacio, regida por sus propias leyes, al igual que el espacio físico también cambia de acuerdo a leyes propias. En cualquier red de nexos causales, la relación básica del organismo es consigo mismo y con otros en un contexto coevolucionario espacio-temporal dinámico y asimétrico. Es interesante acotar que Vernadsky (1926) concibió a la biosfera como “una fuerza geológica”, parcialmente creadora y controladora del ambiente del planeta. Margulis y Sagan (1995, 2002) han revalidado ese criterio. Como contraste, Grehan (2000) percibe que la vida podría considerarse representativa de la capa geológica más externa del planeta, lo cual perfila un panorama de interacciones lineal desprovisto de emergencias.

Cualquier reconstrucción de alguna historia geológica o paleogeográfica es muda en cuánto a la dinámica ambiental local de los organismos. Dichas reconstrucciones plantean hipótesis sobre coordenadas de espacios probables en determinados intervalos de tiempo. Es decir, señalizan o sugieren posibles espacios-tiempos *dónde* o *cuándo* pudieron haber vivido organismos, pero no *cómo* debieron haber vivido esos organismos. No es posible, mediante un mapa o una hipótesis geológica, extrapolar qué tipos de “oportunidades” pudieron haber tenido los organismos, sin conocer a dichos organismos, sin experimentar de alguna manera el territorio real, el contexto, donde coexistieron dichos organismos. Las evidencias para esta última interrogante deben ser biológicas. Las relaciones de subordinación y de relación causa-efecto de Gea sobre Biota representan un reduccionismo y un cartesianismo epistemológico.

Aun cuando existan eventos sincrónicos demostrables entre la ocurrencia de un proceso geológico y algún suceso en la evolución de la biota, ello no implica necesariamente la existencia de una relación causa-efecto. Retomemos a Tait (2000): "... el fenómeno de sincronidad no puede, en principio, asociarse con ninguna concepción causal. En consecuencia, la conexión entre los factores significativamente coincidentes debe concebirse necesariamente como *acausal*. Llegados a este punto, por falta de una causa demostrable, nos vemos en la tentación de suponer una *causa trascendental*. Pero sólo una *magnitud demostrable puede ser 'causa'*. Una causa 'trascendental' es una *contradictio in adjecto*^{*}, dado que algo trascendental se sustrae, por definición, a toda demostración". Si asimilamos supuestos eventos sincrónicos de otra manera, estaríamos revistiendo a los cambios geológicos de un carácter causal trascendental e inmanente de los cambios biológicos, tanto intrínsecos como espacio/temporales.

Thom (2000) cualifica de engañosa a la causalidad, pues la realidad siempre se manifiesta entretejida por una sutil red de interacciones. A pesar de ello, los reduccionistas quieren "localizar" la causa. Brooks y McLennan (2002) indican la tendencia de la biodiversidad a acumularse en "puntos calientes", correspondientes a áreas históricamente congruentes con zonas dinámicas geológicamente. La biodiversidad no se encuentra uniformemente distribuida a través de un hábitat o zona dados. Ello es cierto; pero no es menos cierto que tales patrones sólo muestran parte de la verdad. ¿Es casual que estos "puntos", salvo pocas excepciones, se encuentren repartidos por las regiones tropicales? (Fig. 5.7). ¿Por qué no existen puntos calientes en la Antártica, o en los archipiélagos al norte de Canadá, incluida Groenlandia? Estas áreas también son el resultado de historias geológicas complejas, al igual que, seguramente, otras muchas. La vida, más que sobre un substrato geológico, se desarrolla y medra en espacios ecológicos y climáticos. Factores no geológicos pueden determinar la mayor o menor diversidad de la vida entre substratos geológicos semejantes.

^{*}Significa algo así como una mezcla de contradicciones.

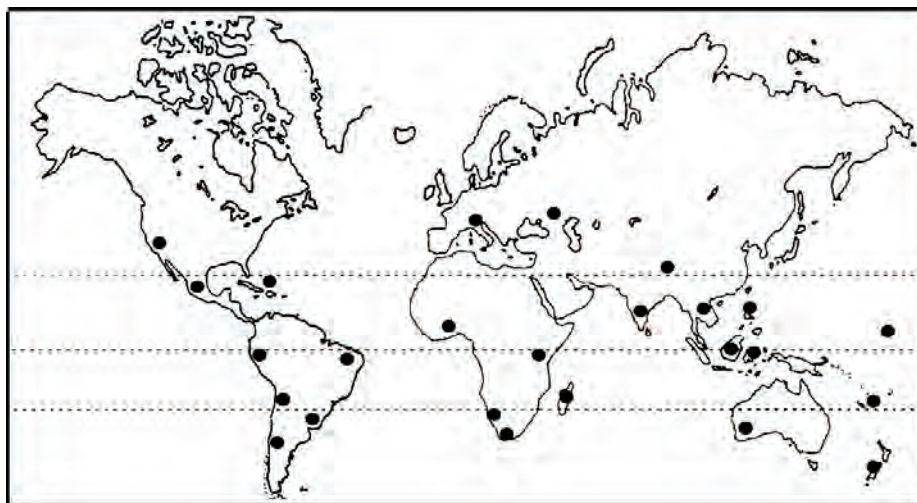


Fig. 5. 7. Los 25 “puntos calientes” de la biodiversidad terrestre del planeta, según Halffter et al. (2001). El punto del océano Pacífico representa la biodiversidad conjunta de Polinesia y Micronesia.

Loehle (2004) ofrece un panorama reticulado e irreducible de la complejidad de las relaciones en ecología, las cuales se manifiestan en diferentes dimensiones del existir: espacial, temporal, estructural, procesal, conductual, geométrica. La dimensión *espacial* la discierne en la configuración de patrones de vegetación y distribución de especies. La complejidad espacial incluye la dinámica metapoblacional*, extinción, sucesión e invasión. La dimensión *temporal* comprende las fluctuaciones en la dinámica de las poblaciones y del clima. El aspecto *estructural* involucra las relaciones dentro de un ecosistema, y la dimensión

*La organización espacial en metapoblaciones no es más que la configuración discontinua de las mismas en el espacio físico. Este patrón no implica vicarianza, sino distribución de acuerdo con los requerimientos de los organismos y la disponibilidad de recursos (alimentos, ambiente físico, refugios y otros) que satisfagan dichos requerimientos. Los núcleos de poblaciones no se encuentran completamente aislados, pues los individuos pueden trasladarse de unas áreas a otras, ya sea de manera activa o pasiva.

geométrica es concebida dentro de una dimensión tridimensional del espacio, ubicado, por ejemplo, en las copias de los árboles sobre o debajo del suelo y en otros substratos intermedios. Las relaciones simbióticas configuran también una complicada y delicada geometría que hilvana redes complejas dentro de las comunidades. En la opinión de Loehle, términos como “fragmentación” (vicarianza) son subjetivos y no están claramente relacionados con las respuestas de las especies.

Según consignamos en el Capítulo 3, Salthe (1985) distingue entre *causa y regulación*. Lo causal está involucrado con el dinamismo inherente de los sistemas, la “regulación” se refiere a la acción moduladora de dinámicas extrínsecas del ambiente. Es usual pensar que un cambio ambiental “causa” una reestructuración de una biota local. El cambio ambiental elimina a los incapaces de adaptarse o aquellos sin posibilidad física de reajustar sus relaciones espaciales; pero otros sobreviven. De otra manera, cabría suponer que la misma causa de la desaparición de unos es causante de la supervivencia de otros, los cuales de todas maneras ya sobrevivían sin tal causa. Una alternativa válida es asumir que el cambio ha provocado una *regulación espacial* de las poblaciones; las ha *modificado*, al interferir con la red dinámica organismo-entorno preexistente. Del mismo modo, cambios geológicos pueden suscitar aislamiento espacial y disyunción de poblaciones, pero dicho cambio no *causa* la especiación, sólo regula o modifica el intercambio de información genética entre poblaciones. Las causas de la especiación, o de su antípoda, el estasis evolucionario, son intrínsecas. Así, las relaciones de espacio son susceptibles de ser reguladas, pero no causadas, por fuerzas, procesos o eventos extrínsecos.

Thom (2000), de manera muy ilustrativa, reflexiona acerca del arraigado hábito de subordinar unas fenomenologías a las otras, ignorando sus independencias legítimas. “La manía de las subordinaciones es una herencia del pensamiento clásico. El mundo exterior, no lo olvidemos, se presenta ante nuestros ojos como una mezcla de determinismo e indeterminismo. En cualquier

circunstancia hay que distinguir....aquello que 'depende de nosotros' y lo que no 'depende de nosotros'. ... El pensamiento matemático ha llevado hasta el extremo, por así decirlo, esta distinción: lo que depende de nosotros es la variable, el argumento de la función...Lo que no depende de nosotros es el determinismo rígido que, una vez asignado de una vez por todas un determinado valor a la variable, determina el correspondiente valor de la función”

En alusión a la forma, Thom expone: “La forma tiene una dinámica subyacente, una dinámica interna. Sobre esta base, las *fuerzas* (causas eficientes externas) resultan análogas a las *formas*; las unas no son más preponderantes que las otras, al exhibir el mismo estado ontológico. Yo creo que la *forma*, entendida en una acepción extremadamente general, es un concepto más rico y sutil que el concepto de *fuerza*, el cual es un concepto bastante antropocéntrico, que reduce prácticamente un ser a un vector. Un análisis en términos morfológicos puede poner de manifiesto más cosas que un análisis en términos de fuerzas... Los fenómenos de regulación, por ejemplo, exigen un gran número de parámetros...cualquier descripción un poco sutil de estos fenómenos exigirá la utilización de espacios multidimensionales”.

Las formas biológicas son *fuerzas* en sí mismas, guiando su propia evolución. En última instancia, demarca Thom, las *regulaciones* sobre la vida hay que analizarlas en *espacios multidimensionales*. Esta multidimensionalidad es muy congruente con lo bosquejado por Loehle para las comunidades. La integración preconizada por los biogeógrafos de espacio, tiempo y forma debe tener en cuenta la dinámica interna de las formas, su capacidad de movimiento, de adaptabilidad, y de constructoras de sus propios ambientes. De otra manera, un discurso supuestamente integrador se convierte en una fórmula simplista, en un análisis racionalizado.

Sistemas complejos como Gea y Biota, tienen sus propias leyes de desarrollo, no es posible subsumir una en la otra, pero ambos sistemas se encuentran co-determinados. Existen límites para la vida, pero una vez que existe vida, la propia vida co-construye, preserva y expande sus propios límites. De otra manera, establecemos una dicotomía que convierte ambos sistemas, lo físico y lo biológico,

en *inconmensurables* en el sentido Kuhniano^{*}, y ello conduciría a una cosmovisión antievolucionaria. Los sistemas complejos son *incompresibles*, lo que no permite la aplicación de un paradigma o perspectiva global explicativa (Richardson *et al.*, 2000). La biogeografía es una disciplina de sistemas, desde el momento que estudia la dinámica espacio- temporal de los sistemas de seres vivos en sistemas espaciales coevolucionantes en el tiempo. La perspectiva de la biogeografía debe ser, necesariamente, *holística* y, por consiguiente, no reduccionista. Queda sobrentendida la dimensión holística, no como totalizante o globalizante, sino como una dimensión de red de sistemas; de no ser así, tendríamos un reduccionismo a la inversa. Lo holístico es refrendado en las relaciones heterárquicas entre sistemas, en el diálogo transdisciplinar, en las perspectivas que se filtran y embeben unas en las otras; en otras palabras, en lo complejo.

Wimsatt (1995) expresa: “Debemos ser necesariamente mucho menos absolutistas y mucho más contingentes, contextuales e historicistas en nuestros análisis de la ciencia...reconociendo las complejidades reales...cuya simplicidad hemos estado tomando como garantizadas por décadas o centurias. Una fracción fundamental de estas complejidades no son una función de nuestros esquemas conceptuales, lenguaje o intereses, sino productos del modo en que el mundo es”. Y, desde tales perspectivas, rindamos una modesta pleitesía al pensamiento clásico, para enunciar lógicamente que son los organismos los propios determinantes de sus propias relaciones de espacio, al igual que determinan sus relaciones genealógicas: *Las relaciones genealógicas emergen en un contexto de relaciones espaciales/Los*

**De acuerdo con Acosta (2004), “Una de las principales razones de la inconmensurabilidad entre teorías rivales viene dada por el lenguaje científico propio de cada paradigma. Dos científicos rivales utilizarían conceptos distintos, sobre todo en función de su significado, así 'masa' poseería distintos significados ya fuera para un newtoniano o para un relativista. Dos hombres que perciben la misma situación de manera diferente, pero que a pesar de eso emplean el mismo vocabulario en su discusión, usan las mismas palabras de manera diferente. Es decir, ellos hablan de lo que he llamado puntos de vista inconmensurables. Ahora bien, dado que diferentes paradigmas se enfocan y parten de diferentes problemas y presupuestos, no existe una medida común de su éxito que permita evaluarlos o compararlos unos con otros. A esta característica de los paradigmas, Kuhn la llama 'inconmensurabilidad', término que tomaron Paul Feyerabend y el mismo Kuhn de la geometría, y que significa sin medida común”.*

organismos determinan sus relaciones genealógicas/Los organismos determinan sus relaciones espaciales.

JERARQUÍA Y RETICULACIÓN

Hovenkamp (1997) sugiere resolver la historia de las áreas, no en términos de áreas, sino en secuencias de eventos vicariantes inferidos de los cladogramas. “Es necesario resolver la secuencia histórica de los eventos vicariantes, no las relaciones entre áreas. Las complejidades recicladas de la historia de las áreas, serán propiamente representadas como diagramas reticulados. Los eventos vicariantes son más simplemente representados. Las áreas no son divergentes, sino reticuladas. La historia de la Tierra no tiene porqué ser representada como un diagrama ramificado. El hecho que la historia de la Tierra inflencie la historia de la vida, y la historia de la vida sea divergente (con relación a sus antecesores) no significa que la historia de la Tierra sea divergente y pueda ser representada como un cladograma”. Las evidencias sugieren de manera muy consistente que la historia de la Tierra es reticulada, y esta reticulación no puede ser expresada en forma de un cladograma (Martin-Piera y San Martín 1999).

Veamos un ejemplo. La Fig. 5.8 muestra las áreas de endemismo de un grupo monofilético de hormigas arborícolas y petrícolas, endémicas de Cuba y la Española (Fontenla, 2000a,b). Este grupo será tratado más exhaustivamente en el Capítulo 6. Como es lógico, las áreas aparecen una sola vez en el cladograma de áreas, según el método de BPA (Fig. 5. 9). STM es el área más “primitiva” de Cuba, debido a su posición basal. La Española es el área basal de todo el cladograma y constituye el área hermana de Cuba.

Por otra parte, STM es uno de los territorios más derivados en la evolución del grupo, debido a que una de las dos especies de dicha área, *Temnothorax mortoni*, se encuentra en una posición derivada en el cladograma de relaciones filogenéticas,



Fig. 5. 8. Áreas de endemismo de *Macromischa*. 1. Sierra de los Órganos, 2. Sierra del Rosario, 3. Alturas de la Habana y Matanzas, 4. Macizo de Guamuhaya. 5. Sierra Maestra. 6. Macizo de Nipe-Sagua-Baracoa, 7. Costa de Santiago-Maisí. No se representa la isla de la Española, al Este de Cuba.

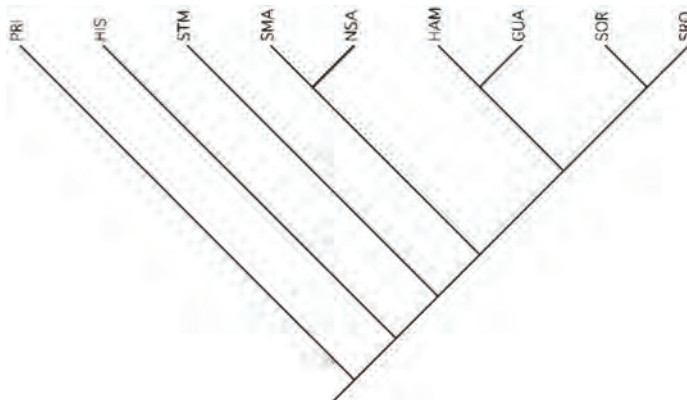


Fig. 5.9. Cladograma de áreas de las hormigas del grupo "*Macromischa*" de Cuba y la Española (Fontenla, 2000b). PRI: Puerto Rico (raíz del cladograma), HIS: La Española. SOR (Sierra de los Órganos), SRO (Sierra del Rosario), HAM (Alturas de la Habana y Matanzas), GUA (Macizo de Guamuhaya), SMA (Sierra Maestra), NSB (Macizo de Nipe-Sagua-Baracoa), STM (Costa de Santiago-Maisí).

mientras la otra especie, *T. punicans*, está ubicada en una posición intermedia (Fig. 5.10). Ello acarrea que el algoritmo de parsimonia “no sabe” dónde ubicar con precisión al área, y la coloca en una posición errónea desde el punto de vista histórico. Otro caso interesante es GUA, el macizo montañoso de la región central de Cuba, involucrado en eventos vicariantes iniciales, intermedios y finales en la evolución del grupo. En este análisis, si bien se evidencia una secuencia de eventos vicariantes, dicha secuencia no es jerárquica, sino reticulada, pues prácticamente todas las áreas aparecen recurrentemente. Por lo tanto, su representación jerárquica distorsiona los hechos y el patrón de la evolución espacial del grupo.

No obstante, al determinar la secuencia de eventos vicariantes (Tabla 5. 1), inferidos a partir de la distribución de las especies y de la posición de estas en el

Tabla 5. 1. Eventos vicariantes soportados y las áreas involucradas, en la evolución de *Macromischa*. Nodos en la Fig. 5.10

Eventos dicotómicos	Áreas	
Nodos desde la raíz	Descendiente 1	Descendiente 2
0	PRI	CUBA-HIS
2-3	GUA	SMA
4-5	SMA, NSB	ESP
5-6	NSB	SMA
5-6	SMA	HAM, SRO
7-8	GUA	SOR
7-8	HAM	SRO, SOR
8-9	NSB	STM
8-9	HAM	GUA

cladograma de la Fig. 5.10, obtenemos un panorama bien distinto. Con la excepción de la Española y STM, el resto de las áreas aparece en varias ocasiones. La Española, ni se encuentra en la posición más basal, ni es el área “hermana” de toda Cuba, sino de las montañas orientales. Ello es congruente con la evolución paleogeográfica de ambos territorios.

La relación entre distribución espacial e historia de los taxones es jerárquica sólo cuando existe una correspondencia directa entre fraccionamiento de áreas y

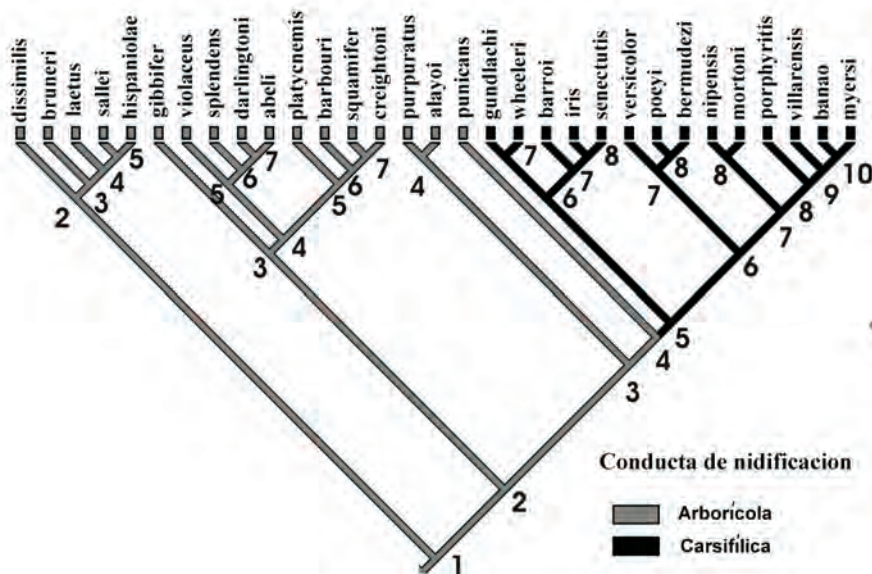


Fig. 5. 10. Cladograma de relaciones filogenéticas de *Macromischa* (Fontenla, 200a,b). Nodos del cladograma numerados desde la raíz del cladograma. Especies por áreas: SOR: *squamifer*, *gundlachi*, *senectutis*, *poeyi*, *bermudezi*. SRO: *squamifer*, *barbouri*, *barroi*, *poeyi*, *bermudezi*, *iris*. HAM: *squamifer*, *barbouri*, *creightoni*, *versicolor*, *porphyritis*, *myersi*. GUA: *dissimilis*, *squamifer*, *wheeleri*, *banao*, *myersi*, *villarensis*. SMA: *platycnemis*, *violaceus*, *darlingtoni*, *abeli*, *bruneri*, *¿gibbifer?*, *purpuratus*. NSB: *laetus*, *splendens*, *¿gibbifer?*, *purpuratus*, *alayoi*, *punicans*, *nipensis*. STM: *mortoni*, *punicans*. HIS: *hispaniolae*, *sallei*.

especiación. Patrones jerárquicos de distribución, cómo las verdades lógicas, deben constituir casos particulares de congruencia, en este caso entre procesos geológicos, ecológicos y genealógicos. Según Lobo (1999), la vicarianza es más explicativa a grandes niveles de inclusividad en el tiempo y en el espacio. Ello significa la mayor probabilidad que la especiación de grupos taxonómicos de elevado rango y amplia distribución espacial se encuentre relacionada con eventos vicariantes, los cuales hayan afectado extensas regiones de la Tierra. Espinosa y Llorente (1993, 2002)

reconocieron como un defecto de la biogeografía de la vicarianza su apego estricto a los arreglos jerárquicos para expresar las interrelaciones históricas. Mayden (1991) critica la representación jerárquica de “regiones naturales” biogeográficas, sobre la base de patrones en cladogramas, cuando en realidad el espacio es un sistema combinado de eventos jerárquicos y reticulados. Martín-Piera y San Martín (1999) expresan un criterio coincidente.

Lo jerárquico se manifiesta cuando algo está anidado dentro de otra cosa que lo contiene y este contenedor, necesariamente, es más inclusivo que lo contenido (Mc Shea, 2000). Pearson y Dowley (2003) ofrecen una imagen dinámica de la jerarquía, al conceptualizarla como un sistema de interconexiones donde los niveles superiores constriñen los niveles inferiores en varios grados. Estos procesos operan a diferentes escalas espaciales y temporales, con diferentes procesos siendo más importantes en diferentes escalas. La representación jerárquica entraña sentido cuando las unidades son discretas y tienen el mismo origen, mientras los métodos no jerárquicos se centran en enfatizar tendencias o transiciones entre entidades. Por su lado, Hengved (1992) opina: “La clasificación es rígida y dicotómica, mientras el ordenamiento ofrece dinámicas inherentes y potenciales; los métodos de ordenamiento y correlación espacial resultan más útiles para contrastar la evolución biogeográfica”.

Por ejemplo, la Fig 5.11 ilustra un análisis de Parsimonia de la Endemicidad (PAE) de los géneros de hormigas compartidos entre regiones biogeográficas (Fontenla, 2005). Este cladograma es muy “robusto” cladísticamente, de acuerdo con sus elevados índices de consistencia, retención y porcentajes de soporte de réplicas al azar de las uniones. Si nos atenemos a un significado estrictamente jerárquico, la región Paleártica debería contener la composición en géneros más inclusiva de todas las áreas, seguida por Madagascar y así sucesivamente hasta las regiones Neártica, Antillana y Neotropical, las cuales mostrarían las faunas más exclusivas o “derivadas” y relacionadas entre sí. El cladograma también nos informa que la región Paleártica guarda una relación lejana la región Neártica. Todo esto nos resulta

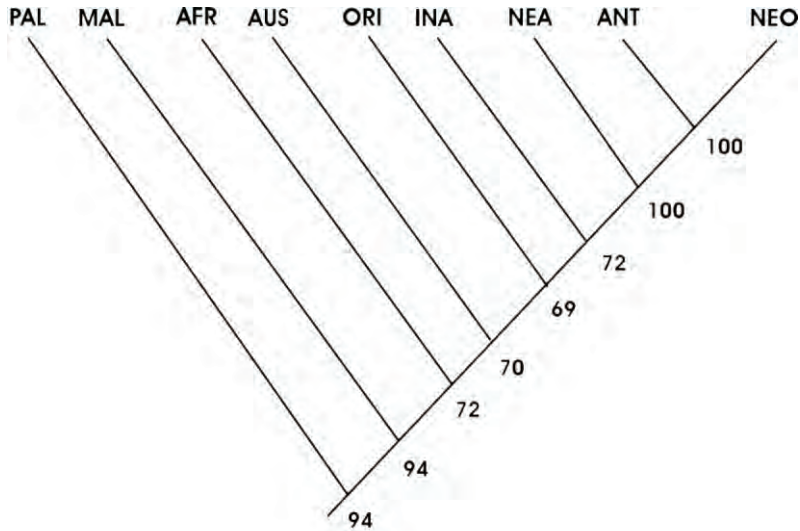


Fig. 5. 11. Análisis de PAE de géneros de hormigas compartidos entre regiones biogeográficas (Fontenla, 2005). CI=0.96, RI= 0.96. Regiones según Bolton (1995) y Brown (2000). PAL: Paleártica, MAL: Madagascar, AFR: Africa, AUS: Australia, ORI: Oriental, INA: Indoaustraliana, NEA: Neártica, ANT: Las Antillas, NEO: Neotropical. Cifras en los nodos percentiles de réplicas de bootstrapping

sospechoso, si tomamos en consideración la composición en géneros y lo que se conoce de la historia paleogeográfica de dichas áreas.

Un análisis de factores principales, que es un análisis de ordenamiento espacial, ofrece (Fig, 5. 12) una configuración más realista que en el análisis de clasificación (PAE). Las áreas NEA y PAL aparecen estrechamente relacionadas. Este análisis tiene en cuenta la cantidad de especies por géneros, de esta manera, aquellas áreas que coincidan en presentar un nivel de diversificación semejante en los mismos géneros, podrían ser candidatas a una “homología” evolucionaria.

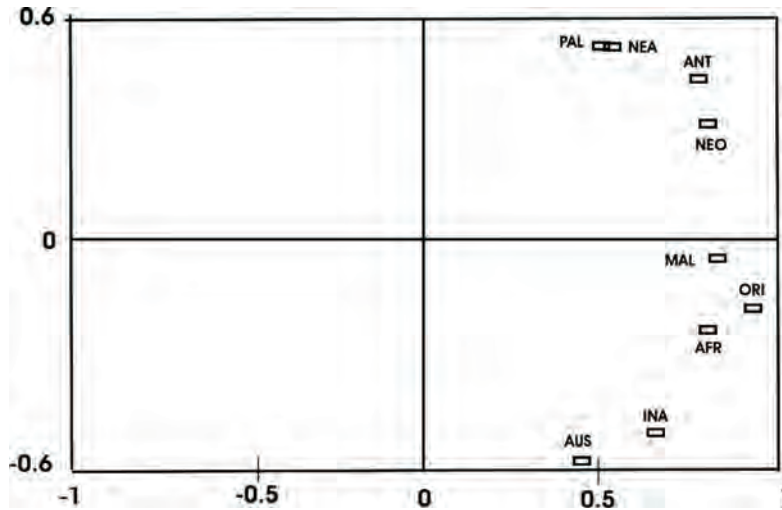


Fig. 5. 12. Análisis de Componentes Principales entre géneros de hormigas compartidos por regiones biogeográficas.

La relación más estrecha entre NEA y PAL es más “real” que la mostrada por el simple número de géneros compartidos entre NEA y NEO, en el caso de PAE. Esto último podría ser debido, básicamente, al intercambio posterior a la emergencia del istmo de Panamá. De hecho, una buena parte de los géneros compartidos entre NEO y NEA solo se distribuyen hasta el Sur de la región Neártica. Representemos ahora simplemente el número máximo de géneros compartidos entre áreas (semejanza primaria), así como el número submáximo (semejanza secundaria), a manera de conexiones vectoriales (grafos) entre áreas (Fig. 5. 13). El objetivo es visualizar una conexión directa entre las áreas, según sus taxones compartidos, sin la distorsión inevitable de la parsimonia y la obligada representación jerárquica de las relaciones.

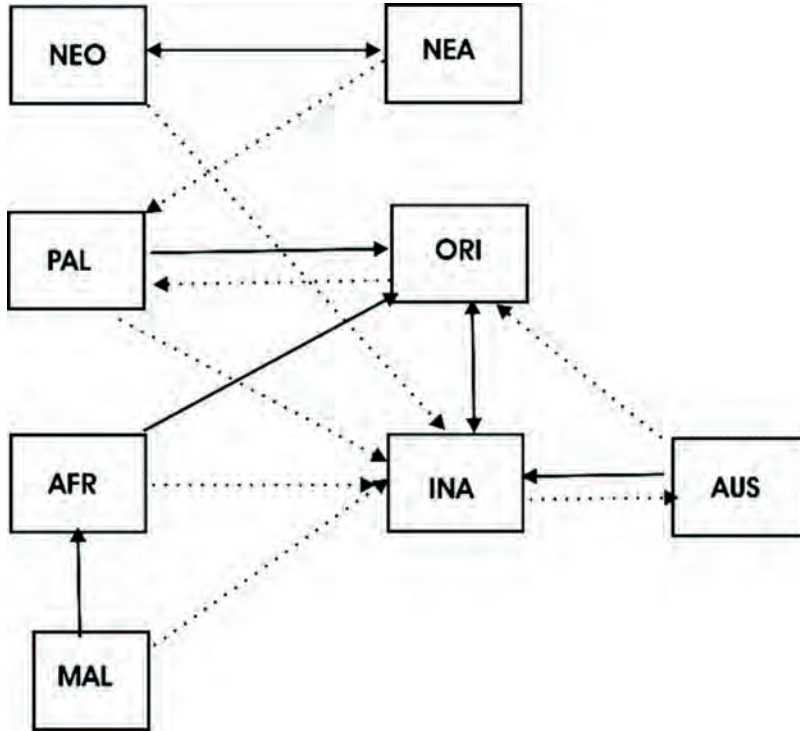


Fig. 5. 13. Semejanzas máximas (líneas continuas) y submáximas (líneas discontinuas) entre regiones biogeográficas, según géneros compartidos de hormigas.

Visualizado así, se corrobora la relación estrecha entre NEA y NEO y, al mismo tiempo, su relativo aislamiento. Por otra parte, las semejanzas primarias reflejan relaciones estrechas entre MAL y AFR, entre AUS e INA y entre ésta última y AFR con la región Oriental, lo cual es congruente con lo esperado a partir de la historia de estas áreas. Las relaciones secundarias muestran conexiones coherentes entre NEA y PAL, y entre NEO e INA. En resumen, la red de relaciones resulta más informativa y no distorsionada, pues no sugiere relaciones de anidamiento donde

estas no existen, o donde resultan absurdas, por ejemplo, cuando Madagascar da la impresión que “anida” al resto de las áreas continentales.

En el caso de las mariposas endémicas de las Antillas compartidas entre islas (Fontenla, 2003), el PAE muestra (Fig. 5.14) un grupo bien definido, compuesto por Cuba-PIN-BAH-ICA. Existen otros dos grupos bien determinados: ESP-PRI-JAM, por un lado, y SOT-BAR por otro. Las relaciones entre estos grupos y entre ellos con IVI aparecen irresueltas. La irresolución cladística (ausencia de dicotomía jerárquica) sugiere reticulación. De nuevo, obtenemos la impresión que las ostensiblemente más pequeñas faunas de endémicos de las Bahamas y las Islas Caimán “anidan” a la de Cuba. Cuba e Isla de Pinos se encuentran en una posición de exclusividad. Ello indica que este par de islas comparten un número mayor de

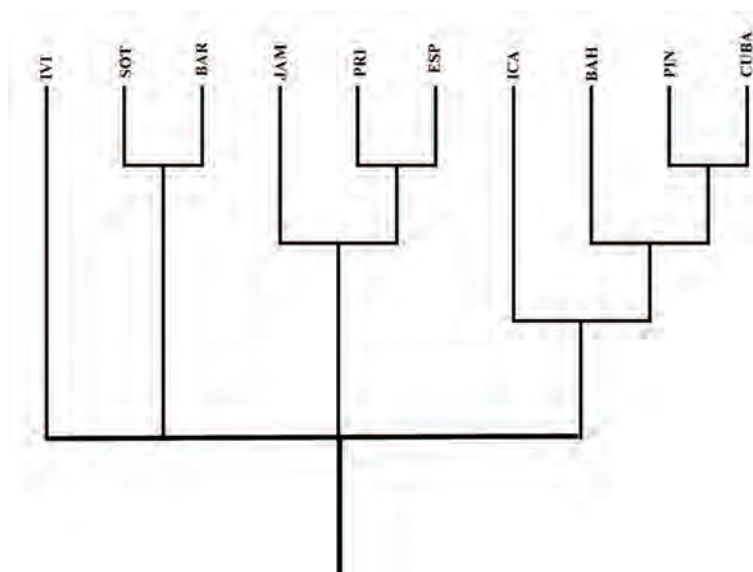


Fig. 5.14. Análisis de PAE de las mariposas endémicas de Las Antillas, según Fontenla (2003). IVI: Islas Vírgenes, SOT: Islas de Sotavento, BAR: Islas de Barlovento, JAM: Jamaica, PRI: Puerto Rico, ESP: La Española, ICA: Islas Caimán, BAH: Bahamas, PIN: Isla de Pinos.

endémicos entre sí que con cualquier otro par, pero también las ubica en una posición “derivada” y “exclusiva”, al encontrarse dicho par en la posición más alejada respecto a la raíz del cladograma.

El análisis de factores (Fig. 5.15) indica una relación estrecha entre los mismos grupos evidenciados por el PAE, pero sin indicar jerarquía, sólo posiciones distintas en el espacio. Este ordenamiento ubica a IVI relacionada con este grupo, según es de esperar por su relación histórica con PRI. Sin embargo, en el análisis de parsimonia aparece cómo un área “perdida”. Por último, las Antillas Menores evidencian su aislamiento respecto al resto de los endémicos antillanos. Las semejanzas reticuladas nos muestran un panorama interesante (Fig. 5.16). El grupo Cuba-PIN-BAH-ICA exhibe sus semejanzas primarias y secundarias entre sí, excepto Cuba, cuyas semejanzas secundarias son con ESP. Esta última muestra sus semejanzas primarias con Cuba, aunque el resto de sus conexiones están vinculadas a las restantes Antillas Mayores, Islas Vírgenes y Antillas Menores. IVI tiene sus relaciones más estrechas con PRI, lo cual es también congruente con su historia paleogeográfica.

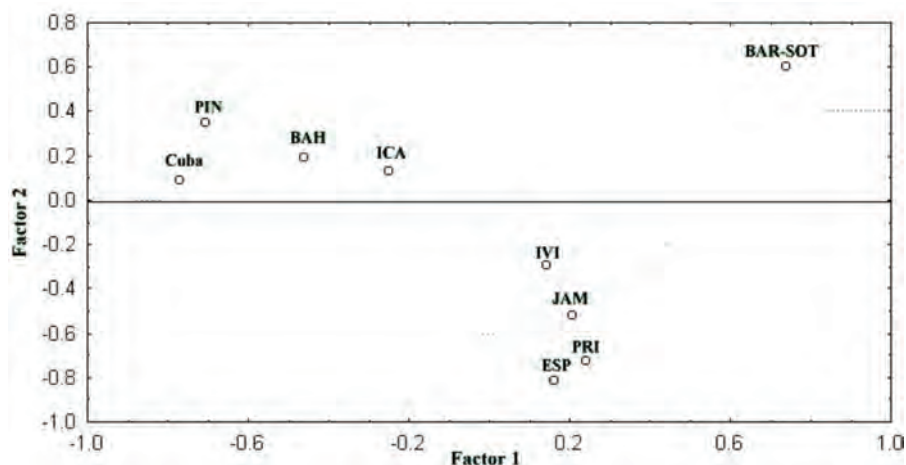


Fig. 5. 15. Análisis de Componentes Principales de las áreas de mariposas endémicas de Las Antillas.

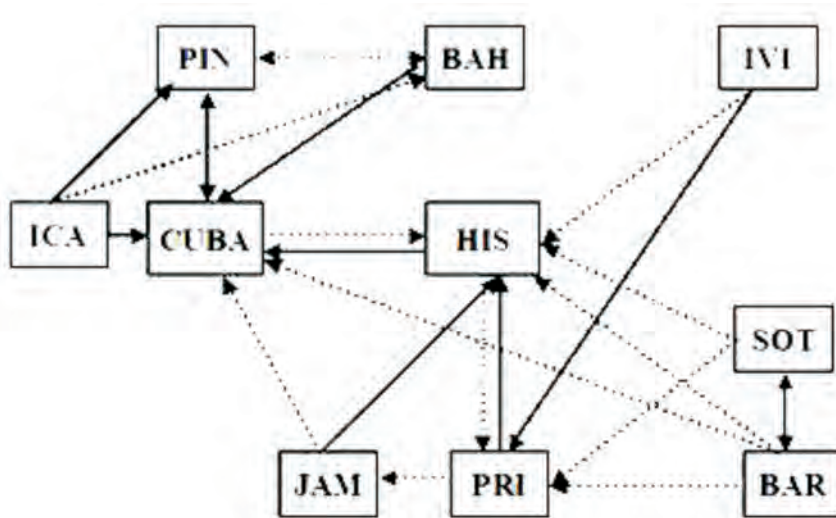


Fig. 5. 16. Semejanzas máximas (líneas continuas) y submáximas (líneas discontinuas) entre áreas de Las Antillas, según especies endémicas de mariposas compartidas.

En los análisis anteriores no se ha pretendido inferir eventos moduladores de patrones, como dispersión o vicarianza. La intención ha sido reflexionar sobre la información que ofrecen diferentes sistemas de representación de relaciones espaciales y su congruencia general con la historia conocida de las áreas. Decididamente, nos inclinamos a favorecer los sistemas de ordenamiento y reticulación, indicadores más enjundiosos, con respecto a la parsimonia jerárquica, de las relaciones espaciales.

LO A PRIORI Y LO A POSTERIORI: LA OMISIÓN DE LO RECURSIVO

De cualquier manera, predominan las representaciones de relaciones de distribución y conectividad de los taxones entre las áreas mediante diagramas jerárquicos. Brooks et al. (2001) lamentan que las discusiones recientes sobre diferentes enfoques para el estudio de la biogeografía histórica han estado confundidas, además de ser confusas. Tal vez el “hechizo del método” sea el acreedor de tal confusión. Las discusiones se ciernen alrededor de la mejor manera de aplicar una síntesis epistemológica con las siguientes perspectivas: el modelo hipotético-deductivo-refutacionista, representado por la metodología cladística y la vicarianza como causa eficiente generadora de los patrones biogeográficos. Entre otros, Van Veller et al. (2000, 2002) y Brooks y McLennan (2002) delimitan dos tipos de pruebas de hipótesis respecto a procesos causales en la biogeografía: (1) *a priori* (2) *a posteriori*. La primera perspectiva asume *a priori* diferentes procesos para ajustar los datos a la hipótesis nula, la vicarianza. Busca la corroboración de la hipótesis nula. La segunda asume vicarianza, pero se encuentra abierta a la búsqueda *a posteriori* de otros procesos, como dispersión y extinción, para explicar incongruencias con la hipótesis nula. Busca la posible refutación de la hipótesis nula.

Según Brooks y McLennan, ambos enfoques difieren ontológicamente: el *a priori* o de historia-de-las-áreas representa la ontología de la simplicidad. Un modelo único (vicarianza) explica toda la información relevante, y todos los patrones de especiación son debidos a episodios comunes de especiación vicariante. Los datos incongruentes con la vicarianza se consideran erróneos. El enfoque *a posteriori* o de historia-de-los-taxones, simboliza la complejidad. La hipótesis nula significa un punto de partida conveniente y de explicación por defecto. Cuando los datos entran en conflicto con la hipótesis nula, lo errado no serían los datos, sino la presunción de la hipótesis. La ontología supuesta en este enfoque es de

complejidad, lo cual implica lo siguiente:

(1) La especiación produce unidades evolucionarias independientes, por consiguiente, el modo de especiación para cualquier evento de especiación dado, no predetermina o predispone el siguiente modo de especiación en el clado. (2) La evolución geológica y biológica son independientes causalmente. (3) La evolución geológica y biológica son, no obstante, sintópicas y sincrónicas (tienen lugar en el mismo lugar y tiempo) (4) La evolución geológica y biológica estarán así correlacionadas históricamente. (5) Estas correlaciones históricas no tienen por qué ser simples. Tal vez sería oportuno agregar que la evolución geológica y biológica no tienen que ser necesariamente sintópicas y sincrónicas. El propio hecho de reconocer la independencia causal de ambas ontologías, la geológica y la biológica, hace de un desarrollo sintópico y sincrónico un evento contingente, no una relación determinista.

Brooks y McLennan aquilatan de fenómenos complejos a los patrones de distribución, porque las biotas de las áreas representan un mosaico de procesos y eventos. Ello hace necesario contar con procedimientos *a posteriori*, competentes para falsificar la hipótesis nula. Algunos autores cualifican de más parsimoniosos los enfoques *a priori*, al estar basados en una ontología de simplicidad, pero Brooks y McLennan censuran tal implicación. Si, evidentemente, el mundo es complejo, entonces el aferramiento a hipótesis de simplicidad obligaría emplear todo tipo de hipótesis ad hoc para mantener el presupuesto de lo simple. Pero el objetivo primordial de la parsimonia es, justamente, minimizar el uso de esa índole de asunciones. De este modo, el empleo de modelos *a priori* contradeciría su propia presunción, la de minimizar las asunciones al efecto. La construcción de explicaciones parsimoniosas con los métodos *a posteriori*, permite identificar excepciones a un patrón general vicariante y descubrir las evidencias que requieren otras explicaciones.

Por su parte, Ebach y Humphries (2002) defienden la correspondencia del enfoque *a priori* con un paradigma de descubrimiento, mientras identifican los

procedimientos *a posteriori* con un paradigma de generación. Estos últimos procedimientos son objetados por inmunizar sus resultados para evitar la contrastación; por el contrario, los métodos de descubrimiento permiten explorar nuevas consecuencias. Esta última práctica representaría “el arte del descubrimiento”. Es evidente que los conceptos *a priori-a posteriori* no conllevan el mismo sentido para todos los involucrados en dichas polémicas. Espinosa et al. (2002) sentencian que la biogeografía cladística no consiste en contrastar hipótesis entre dispersión y vicarianza, sino en descubrir relaciones entre áreas y biotas. De cualquier manera, cuando la praxis y los presupuestos analíticos se inclinan demasiado hacia el descubrimiento de un tipo de relación específico, en este caso la vicarianza, entonces las expectativas de “descubrimiento”, dejan de ser expectativas para convertirse en certidumbres esperadas, no para ser sometidas a pruebas de contrastes, sino para ser verificadas.

Van Veller et al. (2003) diferencian entre biogeografía cladística (*a priori-relaciones-entre-áreas-simplicidad*) y biogeografía filogenética (*a posteriori-relaciones-entre-taxones-complejidad*). Ambos procedimientos operan con métodos cladísticos, pero el primero le otorga prioridad a las relaciones entre áreas y el segundo a las relaciones de los taxones entre las áreas. La biogeografía cladística ajusta todos los elementos de todos los cladogramas taxonómicos de áreas a un único grupo de relaciones de áreas, para mantener la singularidad histórica de estas. La biogeografía filogenética documenta parsimoniosamente el contexto geográfico de los eventos de especiación. Estos autores asumen la evolución tan contingente y compleja, que se hace necesario analizar tanto patrones comunes como únicos, así como concebir la posibilidad de áreas con historias reticuladas en relación con las especies que las habitan. Esta perspectiva la consideran ontológica, en contraste con la perspectiva epistemológica de la biogeografía cladística. Esta biogeografía filogenética sería equivalente a la biogeografía de la vicarianza distinguida por Hovemkamp, con su enfoque de historia-de-los-taxones.

Kluge (1997, 1999) considera a la biología comparativa una ciencia de ciclos

de descubrimiento y evaluación. Sobre esta base, Brooks y McLennan (2001) exponen que el BPA, conceptualizado como un método de explicación *a posteriori*, posibilita interpretar la complejidad real de la biota en un área, al constituir un método basado en descubrimiento. Justamente, las confusiones en la biogeografía histórica, según Brooks et al. (2001), se deben, en parte, a la incapacidad de no distinguir entre los modelos cognitivos mencionados. Otra razón es la distorsión o subvaloración del BPA, en especial del BPA secundario. Desde este ángulo, Van Veller et al. (2003) convienen en reconocer a la biogeografía cladística como el “arte del descubrimiento” y representante del modelo inductivo/verificacionista; mientras le otorgan a la biogeografía filogenética el título de “ciencia del descubrimiento”^{*} y representante del modelo hipotético-deductivo/refutacionista. En conclusión, y de acuerdo con esta perspectiva, los únicos métodos o enfoques meritorios para la biogeografía histórica son los *a posteriori*. El método líder del “arte del descubrimiento” es el de los Componentes (Nelson y Platnick, 1981; Espinosa et al., 2002; Morrone, 2004). El método fundamental de la “ciencia del descubrimiento” es el BPA (Brooks y McLennan, 2002, 2003; Brooks y Van Veller, 2003; Brooks et al., 2001; Dowling, 2002; Green et al., 2002; Van Veller et al., 2000, 2001, 2002, 2003).

Para Ebach, el enfoque *a priori* asume, previo al análisis, que ha tenido lugar un tipo particular de aislamiento geográfico. Se analiza la topología del areograma para descubrir los patrones geográficos. El enfoque *a posteriori* interpreta la topología del areograma tal y cual es, sin ninguna hipótesis previa, y toda la incongruencia necesita ser explicada como congruente. Ebach no considera la configuración de patrones a partir de incongruencia o ambigüedad. Miranda *et al.* (2003) afirman que la propuesta del BPA secundario está influenciada fuertemente de la lectura que se hace del cladograma de los taxones y viola explícitamente el principio de poder explicativo. Los eventos propuestos son ad hoc, de la misma

^{*}Es evidente que todos estos entusiastas biogeógrafos perciben de manera dicotómica y antagónica la ciencia y el arte, todo lo contrario a la perspectiva “compleja”, consecuente con una visión más dialógica entre ciencia y arte, deducción-intuición etc.

manera que la duplicación de áreas para poder “explicar” toda la homoplasia. De este modo, el BPA cumplimenta un esquema verificacionista y no de falsación; éste método es para evaluar escenarios y no congruencias entre distribución y filogenia. Y la congruencia es la piedra sobre la que descansa el análisis biogeográfico.

No obstante lo enfatizado *ad nauseam* por Van Veller, Brooks y colaboradores, declaran Ebach et al. (2003), el BPA es un método también *a priori*, porque realiza modificaciones de los datos originales (la duplicación de áreas) para obtener un nuevo cladograma. En adición, acusan al BPA de no descubrir ninguna relación biogeográfica. Para estos autores, “la biogeografía filogenética explica historias evolucionarias, pero no cuestiones biogeográficas, la biogeografía trata de relaciones proximales de áreas bióticas de endemismo. Los únicos métodos validos son la panbiogeografía y la biogeografía cladística”. Grehan (2001a) resulta aún más lapidario cuando testifica: “la panbiogeografía es el único método en la actualidad sólido geográficamente”.

Según se infiere de estos debates, la biogeografía cladística es inductivo-verificacionista, mientras la biogeografía filogenética es hipotético-deductiva-falsacionista. En resumen, la biogeografía cladística representa el enfoque de relaciones-entre-áreas y la biogeografía filogenética el de historia-de-los taxones. Así, los enfoques *a priori* (relaciones-entre-áreas) y *a posteriori* (relaciones-entre-taxones) son programas de investigación diferentes. La biogeografía cladística, puntualiza Ebach (2001), explica congruencia entre cladogramas de áreas, no ambigüedad, la cual está dada en la especiación simpátrida, dispersión al azar y éstasis. La perspectiva *a priori* es sólo para congruencias; el enfoque *a posteriori* trata con incongruencias. No es posible, afirma Ebach, percibir el mecanismo responsable de un patrón si no es a través de la biogeografía cladística. Este programa de investigación descubre las relaciones de parentesco entre áreas y biotas por medio de las relaciones de parentesco entre sus especies. No busca, a diferencia de la biogeografía filogenética, la distinción entre vicarianza y dispersión, sino descubrir relaciones entre áreas y biotas. La biogeografía histórica -sentencia- debe

buscar los eventos que indiquen vicarianza.⁴⁰

El análisis cladístico es considerado, en principio, deductivo (Crother, 2002); aunque algunos lo catalogan de inductivo (Bryant, 1986; de Jong, 1996; Bechly, 2000). La biogeografía cladística en su sentido más amplio también es, por consiguiente, consensuada como hipotético-deductiva. La corroboración de Popper es basada en el principio general de probabilidad, considerado inductivo (De Queiroz y Poe, 2001). En coincidencia, Kluge (2001a) asevera que el análisis de probabilidad es verificacionista/inductivo, opuesto al de parsimonia, practicado en términos de sometimiento a prueba de Popper y, por lo tanto, es falsacionista/deductivo. Así, tanto la biogeografía cladística cómo la biogeografía filogenética, *sensu* Van Veller *et al.* (2003), se corresponderían ambas con este último modelo, al estar basadas en la parsimonia. La lógica deductiva no excluye una actitud verificacionista (Rieppel, 2003); por consiguiente, esta última actitud no tiene que ser equivalente, de manera exclusiva, con el inductivismo.

Como en la vida real es absurdo suponer vicariantes a todas las distribuciones observadas, los biogeógrafos cladistas han ideado una serie de enunciados, que permiten una manipulación de los resultados cladísticos para tratar con distribuciones amplias, redundantes y extinciones, es decir, no vicariantes. A estos enunciados, se les llaman asunciones o suposiciones 0, 1 y 2 (Nelson y Platnick, 1981; Van Veller *et al.*, 2000, 2001).

Suposición 0. Las áreas con el taxón se consideran monofiléticas. Esta es la suposición más restrictiva y las relaciones de distribución de los taxones siempre serían vicariantes. El taxón ampliamente distribuido es una sinapomorfía (carácter derivado compartido).

Suposición 1. Las áreas pueden constituir grupos mono o parafiléticos.

Suposición 2. Sólo una de las ocurrencias es considerada como evidencia; la otra puede “flotar” en los cladogramas. Las áreas pueden constituir grupos mono, para o polifiléticos. Estas suposiciones también permiten una sintaxis lógico-deductiva, *las cuales adoptan las siguientes formas:*

Suposición 1. *Lo que es cierto para T1 (taxón 1) en área A en relación con T2 y T3 en áreas C y A-C, respectivamente, es también cierto para T1 en área C.*

Suposición 2. *Lo que es cierto para T1 en área A en relación con T2 y T3 en áreas A-C respectivamente, no es necesariamente cierto para T1 en área C.*

El BPA se corresponde con la Suposición 0. Respecto a ésta, Brooks y McLennan (2003) consignan: *Debe tratar con todas las especies y todas las distribuciones en cada entrada filogenética sin modificación, y su análisis final debe ser lógicamente consistente con todos los datos entrados.* Para ello se genera la convención de la duplicación de las áreas (ver Apéndice). La sintaxis lógica es la siguiente: *si cada área es tratada como un taxón único, la Asunción 0 es violada siempre que un área tenga una historia reticulada. Esto aparecerá como una homoplasia (convergencia o paralelismo) en el BPA primario. Bajo tales circunstancias, duplique las áreas relevantes hasta que la Asunción 0 no se viole más.*

Todas las suposiciones anteriores tienen una estructura lógica, pero algo correctamente deducido no tiene que estar correctamente explicado desde el punto de vista ontológico. Popper (1990) propuso para tratar con fenómenos reales la aplicación de una *lógica proposicional* o de probabilidades (ver Capítulo 1). De manera análoga, Kluge (2002) discrimina entre probabilidad clásica (todos los eventos son numerados; las probabilidades son conocidas; existe una predicción) y probabilidad histórica (sólo los eventos ocurridos pueden ser numerados; no existen predicciones, pero podrían realizarse comparaciones entre resultados). Es decir, desde el punto de vista lógico, es posible razonar los fenómenos históricos en términos no estrictamente popperianos. En la opinión de Grant (2002), los biólogos evolucionistas están obsesionados con las operaciones de descubrimiento: prisma a través del cual los científicos ven e interpretan al mundo y que es independiente de algún método en particular. La generalidad y vaguedad lógica de estas operaciones mentales de descubrimiento hace irrelevante la adhesión a un método rígido de razonamiento. Lo relevante es la armonía y la coherencia de las ideas.

En su análisis de cladogramas, Hunn y Upchurch (2001) proceden sin

establecer dicotomías innecesarias un *antes* o un *después*- entre operaciones de descubrimientos. Las interpretaciones son construidas a través de una secuencia lógica de práctica, análisis y síntesis. Las hipótesis sobre congruencias primarias constituyen interpretaciones o evaluaciones *a priori*, y las hipótesis sobre congruencias secundarias son procedimientos de descubrimiento *a posteriori*, de acuerdo con los eventos implicados en el cladograma de áreas. Esta evaluación *a posteriori* podría revelar que algunos componentes del patrón espacial mostrado por el cladograma habrían tal vez sido causados por una diversidad de eventos. Aún más, un cladograma de áreas no debe ser interpretado un indicador confiable de la secuencia de fragmentación espacial de algún grupo de ámbitos geográficos. En lugar de ello, tal cladograma debe ser visto más realistamente como la representación de la ascendencia común compartida de la biota en el tiempo. Este enfoque es, evidentemente, de relaciones-entre-taxones.

Brooks (2005) propone a PACT (*Phylogenetic Analysis for Comparing Trees*) y al Pulso-del-Taxón (PT) como métodos y modelo general, respectivamente, para la biogeografía histórica. La biogeografía cladista representaría un enfoque de simplicidad para explicar las distribuciones, mientras PACT y PT son perspectivas que asumen la complejidad biogeográfica, al reconocer que la mayoría de las distribuciones son mosaicos de patrones de dispersión, vicarianza y especiación en el sitio. Según Wojcicki y Brooks (2005), PACT es un método superior a todos los desarrollados previamente.

Sin embargo, PACT opera con topologías de cladogramas de áreas, realizados previamente por métodos cladísticos, las pasa por un algoritmo y en la nueva topología resultante, la repetición de áreas se interpreta como reticulación. Así, PACT repite los sesgos ya implícitos en los cladogramas de áreas y además introduce los propios. Por ejemplo, la reticulación en la distribución se continúa infiriendo a partir de topologías representadas jerárquicamente, lo cual resulta paradójico. Al igual que en el caso del BPA secundario, patrones reticulados de distribución podrían inferirse a partir del análisis combinado de las distribuciones y

de las topologías de los cladogramas de áreas originales.

Los principios de PACT y PT (Brooks, 2005; Halas *et al.*, 2005; Wojcicki y Brooks, 2005), postulan que las especies y sus adaptaciones se originan en 'centros de diversificación' y que los ámbitos de distribución de los taxones fluctúan periódicamente alrededor de un centro estable, ocupado continuamente. Bajo este modelo, los taxones desarrollan períodos de dispersión al desaparecer las barreras, seguidos por contracción y especiación según las barreras reaparecen. La dispersión ocurre de nuevo al desaparecer las nuevas barreras. Ello provoca inevitablemente patrones de distribución complejos, reticulados. Es decir, áreas con biotas de diferentes edades y diferentes procedencias. Sin embargo, estos principios son semejantes a los de la panbiogeografía más ortodoxa, como se verá en el acápite siguiente.

Según Gould (2002), la estructura probabilística de los fenómenos históricos, su carácter impredecible en avance, es una propiedad *ontológica* - consustancial- de la naturaleza. La incapacidad de predecir antes del hecho, sólo evidencia su complejidad. La capacidad subsiguiente de explicar con rigor *después del hecho*, resulta apta para lograr un nivel de confiabilidad semejante al de cualquier resolución física bajo leyes invariantes. La tarea de la historia es el descubrimiento y la explicación, no la predicción (Siddall y Kluge, 1997; Richards, 1998; Kluge, 2001). Brooks, Van Veller y colaboradores reconocen a la distribución espacial como un fenómeno complejo y contingente. Debido a esta complejidad, el enfoque apropiado en la biogeografía histórica debe ser el de la historia-de-los-taxones.

Los biogeógrafos aludidos defienden operaciones de descubrimiento a posteriori. Sin embargo, estos análisis no son análogos a las explicaciones después del hecho, *sensu* Gould (2002), sino tienen un sentido hipotético-deductivo/refutacionista, de acuerdo al marco epistemológico de Popper. Para ajustarse a este paradigma, se generan manipulaciones a posteriori de los resultados, la llamada convención de duplicación de las áreas, o BPA secundario. Con ello se

pretende ofrecer un panorama más cercano a la realidad biogeográfica, pero se perpetran incongruencias biológicas, lógicas y metodológicas, las cuales han sido impugnadas (Van Welzen et al., 2003; Siddall, 2005).*

El célebre filósofo Inmanuel Kant dividió los juicios en *analíticos*: cuando el predicado está incluido en el sujeto y en *sintéticos*: cuando el predicado no está incluido en el sujeto y, por lo tanto, resulta algo que se añade. Los juicios sintéticos pueden ser *a posteriori*; son descripciones derivadas de la observación. Pero todos los juicios analíticos son *a priori*; se conceptualizan con independencia de las observaciones, y son contruidos, justamente, para desarrollar categorías conceptuales dentro de las cuales *ordenar y clasificar* las observaciones. Estos juicios, según Vargas (1992), son los utilizados para construir categorías biogeográficas, y así describir distintos tipos de patrones biogeográficos. Por ejemplo: área de distribución, área de endemismo, región biogeográfica, áreas ancestrales, vicarianza, dispersión. Todos estos conceptos constituyen categorías en las que se encuentran implícitas determinados tipos de relaciones y un determinado orden manifiesto del mundo.

Vargas argumenta que las relaciones entre estas categorías se establecen a través de juicios analíticos, *a priori*, y son independientes de las observaciones. “La biogeografía culmina la tarea de realizar las descripciones cuando se establece una correspondencia entre los fenómenos observados y las categorías biogeográficas contruidas de forma analítica”. Sin embargo, Vargas reconoce que, en palabras del mismo Kant, “No todos los juicios sintéticos son *a posteriori*. Precisamente, los juicios sintéticos *a priori* son los científicos”. Pero, en definitiva, estos juicios constituyen recursos lógicos, aplicados *después* de la observación, ordenamiento y

*En realidad, todos los casos de duplicación de áreas que se realizan para inferir la ocurrencia de dispersión o vicarianza, es posible hacerlos con el BPA primario, al interpretar la posición de las especies y las áreas en el cladograma (Fontenla, 2005b y ver Apéndice). Otro problema con el método es la persistencia de una representación jerárquica para hacer comprender procesos y conexiones que tienen una expresión reticulada, el cual es, justamente, el objetivo fundamental del BPA secundario.

clasificación de una fenomenología. La interpretación de dicha fenomenología es consustancial con un diálogo entre el observador y lo observado, donde la validez de lo *a priori* y lo *a posteriori*, no pasan de ser meras convenciones triviales entrelazadas en una ineludible dialéctica recursiva.

Según Kant: “Si la ciencia se compusiera sólo de juicios analíticos, no sería más que una continua petición de principio... Si la ciencia se compusiera sólo de juicios sintéticos sería, sí, un saber útil y progresivo, pero carecería de universalidad y necesidad.... Si, pues, la ciencia existe, y no podría existir con sólo juicios analíticos y sintéticos, será necesario la existencia en ella de una tercera clase de juicios que participen de la necesidad de los primeros y de la fecundidad de los segundos”. Y de acuerdo con Tait (200): “...a estos juicios, que forzosamente deben darse, los llama Kant *juicios sintéticos a priori*. Tanto podría llamarlos sintético-analíticos o *a posteriori-a priori*...” Tait propone, evidentemente, una dinámica recursiva, típica de sistemas de comportamiento complejo. Las distinciones comentadas, en defensas de puntos de vista con horizontes de sentido diluidos, lejos de convertir en más racional y coherente un discurso, lo que engendra es su racionalización y su formalización, conduciéndolo por avenidas estrechas de discernimiento. De este modo, la consecuencia real es soslayar e ignorar lo dialógico y lo recursivo en la relación sujeto-objeto y del sujeto consigo mismo en la construcción de conocimiento.

Con relación a la dicotomía *a priori-a posteriori*, Nietzsche (2003a) es mordaz “...ya es hora de sustituir la pregunta kantiana 'cómo son posibles los juicios sintéticos *a priori*?’ por una pregunta distinta: '¿por qué es necesaria la creencia en tales juicios?’ - es decir, ya es hora de comprender que, para la finalidad de conservar seres de nuestra especie, hay que creer que tales juicios son verdaderos; ¡por lo cual, naturalmente, podrían ser incluso juicios falsos! O, dicho de modo más claro, y más rudo, y más radical: los juicios sintéticos *a priori* no deberían 'ser posibles' en absoluto: nosotros no tenemos ningún derecho a ellos, en nuestra boca son nada más que juicios falsos. Sólo que, de todos modos, la creencia en su verdad

es necesaria, como una creencia superficial y una apariencia visible pertenecientes a la óptica perspectivista de la vida”.

Morrone (2005) expresa de manera muy sencilla, pero contundente, su desacuerdo con la dicotomía *a priori-a posteriori*: así no se contemplan todas las complejidades y posibilidades de las técnicas o enfoques involucrados. Verdaderamente, estas preconcepciones se enchalecan y reducen a sí mismas de manera prejuiciada. Si el mundo es complejo, y la ciencia es un dialogar con el mundo; entonces en éste diálogo habrá una dinámica dialéctica, de aceptación y conectividad ente lo contradictorio y lo paradójico, y una recursividad en el razonamiento. Lo antes-del-hecho y lo después-del-hecho articulan momentos fluidos y transitorios de esa dinámica; no representan categorías congeladas y prohibitivas la una de la otra en nuestros esfuerzos y accionar por una mejor comprensión del mundo.

SOBRE PANBIOGEOGRAFÍA, GRAFOS BIOGEOGRÁFICOS Y OTRAS REFLEXIONES

La panbiogeografía es un exponente de la llamada biogeografía de la vicarianza. La metodología y la filosofía de la panbiogeografía han sido analizadas con detalle (Craw *et al.*, 1999; Grehan, 2000, 2001b; Espinosa *et al.*, 2002; Morrone, 2004; Heads, 2005a). A continuación, reflexionaremos sobre aspectos de esta praxis de la biogeografía, en la medida de su pertinencia con las expectativas de nuestro discurso. León Croizat (1973), creador de la panbiogeografía, expresó: “La panbiogeografía o biogeografía analítica, o cómo se le quiera llamar- no es una teoría, es decir, un tejido de hipótesis de las cuales eventualmente se pueden deducir conclusiones que dependen íntimamente de ella. La panbiogeografía no conoce supuestos teóricos de ningún tipo. Es más bien una forma de pensamiento, un método de investigación entendido sobre bases concretas de análisis, para hacer ver las relaciones entre evolución orgánica y los factores de espacio y tiempo que

contribuyen a dirigir su camino (el de la evolución”.

Sin embargo, la panbiogeografía, semejante a cualquier otro método, enfoque, perspectiva o filosofía, se encuentra pletórica de teoría y presupuestos. Tales presupuestos resaltan en la obra de Croizat “*Espacio, Tiempo y Forma*” y han sido resumidos por Llorente *et al.* (2003) y Heads (2005a). El principal presupuesto de la panbiogeografía es que la vicarianza, el cambio tectónico, resulta el proceso fundamental conductor de la evolución de la forma, mientras, por diversos motivos, se desestima la dispersión a través de barreras. Para Grehan (2000), la panbiogeografía es capaz de generar evidencias sobre la evolución en el espacio y el tiempo, de manera independiente a la geología, la sistemática o la genética. La panbiogeografía es percibida como una base para nuevas percepciones en la biogeografía y para extender la *síntesis* entre biología y geología.*

Grehan (2001b) considera la panbiogeografía un enfoque único para comprender el espacio y el tiempo en evolución (asumimos que se refiere a la forma en el espacio y el tiempo). Y añade: “La panbiogeografía enfatiza la importancia primaria de la información espacial y el reconocimiento de la localidad y el lugar en la historia de la vida como una condición previa para cualquier análisis de cambio evolutivo”. Por su parte, Morrone (2004) anota, “La geografía es el substrato sobre el cual tiene lugar la historia de la vida. Desde este ángulo, el objetivo principal de la panbiogeografía es destacar la importancia de la distribución geográfica, de la locación espacial, como un objeto directo de análisis... la panbiogeografía subraya la dimensión espacial y geográfica de la biodiversidad”. Morrone (2005) resume los objetivos de esta disciplina: “La panbiogeografía reconstruye la distribución biótica ancestral delineando trazos individuales sobre mapas y busca coincidencia entre taxones no relacionados, lo cual conduce al reconocimiento de trazos

*Es posible discrepar con las propuestas cognitivas de síntesis entre lo vivo y lo no vivo y, en general, con la de cualesquiera otras dinámicas que exudan de manera obvia su independencia legítima. Nos adherimos a las propuestas de diálogos transdisciplinarios, de procedimientos articulantes. Diálogo y conexión transdisciplinar, que no síntesis, no sólo entre lo biológico y lo geológico, sino también con lo climático, que de ambos tiene.

generalizados”.

La panbiogeografía se caracteriza por ciertas ambigüedades y rigidez en algunos de sus fundamentos, siempre y cuando se adopten posiciones de extrema ortodoxia en su práctica. Como tantas otras cosas en la ciencia, las virtudes o defectos no se deben tanto a los principios de un método *per se*, sino en la *interpretación* que se haga de los postulados básicos de una manera de pensar y concebir una fenomenología. El principio básico de la panbiogeografía es el análisis de la distribución espacial de los taxones, con independencia de sus relaciones históricas, pero también con independencia de algún modelo específico de historia de las áreas. La divisa de esta disciplina reza, “Tierra y vida evolucionan juntas”. En ocasiones, este postulado conduce a subordinar, de manera prácticamente exclusiva, la evolución y distribución de los organismos al cambio tectónico o geoclimático, sin oportunidades para la propia independencia de los procesos biológicos.

La panbiogeografía estipula que las barreras evolucionan junto con las biotas; ello implica que la vida y la tierra evolucionan juntas. Por otra parte, el postulado de la ortogénesis espacial o biogeográfica permite la aparición múltiple de taxones en cualquier espacio y tiempo, con independencia del cambio ambiental o, aún más, *a pesar* del cambio ambiental. En estas ideas fulguran incongruencias fundamentales. Por un lado, la fragmentación espacial (lo cual es un cambio ambiental) constituye una verdadera (y única) causa eficiente de la diferenciación morfológica y la especiación. Por otro lado, se esgrime que el cambio evolutivo, las fuerzas originadoras de nuevos taxones, son intrínsecas, independientes del cambio ambiental.

Una consecuencia lógica es considerar a la selección natural de relevancia secundaria. Esta fuerza o agencia podría o modificaría superficialmente, pero no intervendría en la generación de tendencias evolucionarias. Sin embargo, Croizat (1964) sentenció: “...un ave es ortogenéticamente un ave antes de estar expuesta a la selección que la haga un buitre o un gorrión”. La inferencia lógica de esta idea es justamente contraria a lo afirmado con anterioridad. La ortogénesis sería una fuerza amorfa, mientras la selección la agencia creativa, dadora de formas nuevas y

específicas y, por supuesto, engendradora de nuevos taxones. La selección natural se presenta así como la causa eficiente de la especiación. En algunos estudios panbiogeográficos de caso, ni siquiera se aprecian las tendencias morfológicas. Los taxones aparecen incluso varias veces en lugares distintos. Digamos, a partir del género **A**, es posible que se origine una especie del género **B**, sin importar en lo más mínimo que dicho género **B** ya exista en otro lugar. Para asimilar estos eventos, es necesario aceptar una realidad donde los grupos monofiléticos son pura ilusión y donde los caracteres evolucionan de manera incorpórea. A pesar de este panorama, otro de los postulados básicos de la panbiogeografía estampa: “no existe nada casual en la naturaleza, pues todo obedece a leyes inflexibles”. En fin, observamos la prodigiosa coexistencia del determinismo y reduccionismo más férreos junto a verdaderos milagros metafísicos y genéticos.

Desde el punto de vista panbiogeográfico, los patrones de distribución biótica son resultantes de la acción de dos procesos: *inmovilismo* (vicarianza) y *movilismo* (dispersión). Llorente *et al.* (2003) argumentan: “La emergencia de barreras causa vicarianza, favorece la especiación alopátrida y el incremento del número de especies (fase de inmovilismo). La desaparición eventual de barreras causa dispersión y permite la expansión del área de distribución y la simpatria (fase de movilismo), hasta que la aparición de nuevas barreras vuelve a ocasionar la vicarianza”. Michaux (1989) expone: “Según un nuevo espacio viviente es creado y hecho disponible a la biota original (en alusión a cambios geológicos), ocurriría un período de movilismo”. Morrone (2004) concibe la fase de movilismo cuando existen condiciones ambientales favorables. En ese momento, los taxones expanden su ámbito y la distribución se estabiliza cuando se ocupa todo el espacio. * “El primer proceso el inmovilismo- es el que tiene gran relevancia en la formación de los

*Estos puntos de vista llaman la atención. Nos están perfilando la noción de un “espacio recipiente”, en el cual grupos de organismos establecerán de manera co-determinada nuevas relaciones espaciales. Sin embargo, los principios de la panbiogeografía rechazan la noción de “espacios recipientes”, -ver sección “espacios biogeográficos”- por considerarla equivalente a la de un “espacio absoluto”. Una vez más, reafirmamos nuestra convicción de que todo espacio es, por necesidad ontológica, relativo y co-relacional, incluyendo los “recipientes”.

patrones biogeográficos”.

En el criterio de Salthe (1996), un sistema, en el transcurso de su desarrollo, expande simultáneamente su espacio de fase potencial y proporcionalmente limita más su ocupación real del espacio. Al mismo tiempo que se expanden, las especies establecen vínculos ambientales en contextos locales. Ello las aleja de un equilibrio informacional, cuyo alcance las llevaría a ocupar todo el espacio potencial disponible. Ninguna especie, ni siquiera el metasisistema de la biosfera, alcanza el equilibrio informacional, pero tiende hacia ese “objetivo”. Ese equilibrio inevitable, pero al mismo tiempo inalcanzable, es el *equilibrio espacial virtual*. Por ejemplo, un pez de costas arenosas alcanzaría su equilibrio espacial virtual ocupando todas las costas arenosas disponibles en el mundo. Pero siempre concurren constreñimientos de variada índole que lo impiden.

Este panorama es básicamente diferente al enunciado panbiogeográfico. La expansión del espacio resulta consustancial con las trayectorias infodinámicas de las especies y se encuentra embebida en interacciones ecológicas, no responde solamente a cambios geológicos o climáticos ni se atiene a ciclos o fases concertadas. Las especies tratan de expandir su ámbito espacial, siguiendo una “flecha infodinámica”, para obtener un equilibrio virtual espacial, que nunca es alcanzado. La distribución espacial depende del diálogo entre constreñimientos tanto extrínsecos como intrínsecos. El “inmovilismo” no necesita estar asociado a ninguna barrera física, sino a alguna conjunción de constreñimientos o atractores ecológicos, con las propias características estructurales de los organismos. Del mismo modo, algunas poblaciones pueden quedar aisladas por la propia distribución parcheada de los recursos, ya sean éstos orgánicos o climáticos, pero ello no significa necesariamente una historia de fragmentación de biotas ancestrales, o la ocurrencia de vicarianza entre las mismas. La distribución espacial parcheada o estructura metapoblacional es una vía, basada en el movimiento de los organismos, de introducir el papel del espacio en la dinámica de las poblaciones (Hastings, 2004).

La configuración metapoblacional de la distribución no tiene que ser un resultado de distribuciones ancestrales fragmentadas, sino del *movimiento* de los

organismos en su espacio ecológico. Es evidente que estos ciclos concertados de “movilismo” e “inmovilismo” no tienen en cuenta movimientos y desplazamientos de los organismos debido a las interacciones bióticas, las cuales constituyen elementos esenciales de la distribución. Eventos masivos ambientales, por supuesto, son capaces de provocar variaciones masivas en la distribución y así cambian el panorama biogeográfico previo. Pero el movimiento espacial de los organismos no se reduce al ser impelidos por grandes eventos ambientales. Pearson y Dawson (2003) así lo exponen: “Tenemos una visión de los sistemas naturales como una compleja red de interacción y retroalimentación entre especies, por lo cual cambios en la distribución de una especie podría tener impactos significativos en la distribución de otras especies”.

En la visión referida, la distribución espacial aparece como resultante de las interacciones entre los componentes de una red dinámica. Ello no desestima la persistencia y la metaestabilidad espacial de conjuntos de organismos, ni tampoco ignora la influencia de la dinámica del ambiente y del espacio substrato sobre la locación espacial de los organismos. El espacio biogeográfico es una emergencia compleja de la cual los propios organismos son también participantes. Esta concepción no subordina el movimiento de los organismos a una compulsión global, impuesta desde el exterior como causa eficiente newtoniana y semejante a un gran mecanismo de relojería, impasible respecto a la autorreferencialidad de sus componentes.

Los principios fundamentales de la panbiogeografía o “geografía de la vida” (Grehan, 2001b; Llorente *et al.*, 2003; Morrone, 2004; Heads, 2005a) serían los siguientes:

- Los cambios tectónicos son los responsables de que diferentes áreas posean diferentes especies.
- La distribución geológica y la distribución espacial de los organismos son insolubles.

- Cada patrón disjunto es el resultado de la fragmentación de una biota continua.
- La dispersión favorece el cosmopolitismo inicial de las especies antes de la manifestación de fenómenos vicariantes. La dispersión a través de una barrera preexistente es irrelevante para la biogeografía, así como el concepto de centro de origen.
- Todas las especies tienen el mismo tratamiento aun cuando sus capacidades potenciales de dispersión sean diferentes.
- La mayoría de los grupos pueden ser muy antiguos y, en ocasiones, polifiléticos.
- Es posible inferir relaciones filogenéticas a partir de evidencias biogeográficas.
- De lo anterior se infiere que:
- La geología es la *causa eficiente* de la especiación y la distribución.
- La disyunción siempre se concibe como ruptura de continuidad espacial, no cabe la posibilidad que la disyunción sea resultante de eventos en la trayectoria espacio/temporal de los organismos. No obstante, podemos razonar que la discontinuidad no implica necesariamente fragmentación, sino una manifestación de la estructura de la distribución espacial de los taxones. Así, la discontinuidad sería una expresión del movimiento, no del inmovilismo.
- La dispersión se concibe en manifestaciones extremas, pues conduce a un cosmopolitismo inicial donde, al parecer, se ignoran barreras físicas, climáticas y todo tipo de constreñimientos ambientales. Después, y por alguna razón, deviene la fase de inmovilismo, pues comienzan a aparecer toda clase de barreras. Ambos procesos se desarrollan de manera concertada y global.
- Los organismos son concebidos y analizados como objetos pasivos, a merced de las fuerzas y eventos geológicos, y su evolución espacial se encuentra preestablecida, orquestada en ciclos universales de movilismo-inmovilismo.
- Se asume una antigüedad extrema para casi todos los grupos y la polifilia es común.
- Vicarianza de grupos asumidos como relacionados pueden indicar relaciones estrechas de descendencia común.

TRAZOS PANBIOGEOGRÁFICOS

Los trazos o pistas fueron empleados por Croizat para representar los patrones de dispersión en mapas. Croizat manejó el término *dispersión* para significar el desarrollo de la distribución, lo cual incluye un cambio tanto en las coordenadas espaciales como en la diferenciación morfológica. La dispersión croizadiana significa la evolución de la distribución como translación en el espacio y *diferenciación morfológica*, * como, por ejemplo, la “dispersión” de Picumninae o Iguanidae-Agamidae (que veremos más adelante). Heads (2005a) avala esta idea al expresar que un concepto eficiente de dispersión debe involucrar evolución, al igual que movimiento físico; un organismo puede cambiar su posición para incluir una localidad no justamente por moverse hacia allí, sino por evolucionar allí.

Desde nuestro punto de vista, la dispersión, tal y como se concibe en su significado más heurístico, es siempre un evento de cambio o deriva de contextos espaciales. La “diferenciación morfológica” es un proceso genético, del desarrollo, y la evolución es un registro de cambios, una emergencia del desarrollo. La evolución no implica necesariamente un cambio de un contexto espacial a otro. Es posible la concurrencia de entidades en evolución con la propia evolución del espacio donde coexisten dichas entidades. Pero los linajes se mantienen en el mismo territorio o área que sus antecesores, aun cuando los paisajes y las propias relaciones espaciales hayan cambiado. La dispersión es movimiento en el espacio exclusivamente. El desarrollo y la evolución representan movimientos o dinámicas multidimensionales extendidas espacio/temporalmente, sin implicar necesariamente derivas entre

*El posible significado evolutivo de este término, para “integrar” espacio, tiempo y forma, no es diáfano. En realidad es confuso. La “forma”, en cuanto a apariencia morfológica (y no queda indicado otra cosa en los discursos ortogenéticos) puede variar poco entre taxones que han sufrido cambios significativos en su material genético. Por el contrario, la morfología puede variar notablemente, incluso dentro de un mismo taxón, por razones de adecuación ecológica. Sin embargo, forma en su sentido sistémico significa la configuración que emerge de las relaciones e interacciones entre organización, estructura y ambiente.

contextos espaciales.

Un trazo o pista es una línea que conecta un conjunto de localidades disjuntas de un taxón o conjunto de taxones, según la distancia mínima que las une. Un trazo es una representación gráfica de una parsimonia biogeográfica. Algunos autores consideran que dichas localidades deben ser disjuntas, pero otros no establecen tal distinción. Desde esta perspectiva, el trazo es el resultado del movilismo (longitud o trayectoria del trazo) y el inmovilismo (secuencia de disyunciones a lo largo del trazo). Según Espinosa y Llorente (1993), la biogeografía cladística parte del reconocimiento de áreas de endemismo como patrón de estudio, mientras la panbiogeografía del delineamiento de trazos individuales. La biogeografía cladística busca la correspondencia entre la superposición de las distribuciones y la panbiogeografía, mediante el análisis de los trazos, la correspondencia entre la superposición de las disyunciones.

Los panbiogeógrafos posteriores a Croizat han descrito dentro de un marco teórico más formal el método de los trazos, el cual es una aplicación de la Teoría de Grafos.* El trazo le otorga, de manera explícita, forma o expresión al espacio y al tiempo (Craw *et al.*, 1999). La implicación inmediata de esta representación es que la evolución de la distribución es una función de la forma, el espacio y el tiempo. Grehan (2001b) apunta que la distribución representada como una colección de localidades no contiene información palmaria acerca de la estructura espacial. Los trazos contemplan a la geometría espacial como un componente inherente de la distribución geográfica. Craw *et al.* y Grehan critican a la biogeografía cladística, porque las relaciones proximales de áreas no dicen nada acerca de la evolución espacial. Por el contrario, un trazo es un mapa, no exactamente de distribución, sino

**La Teoría de Grafos fue estructurada en el siglo XVIII por el matemático suizo L. Euler. Su aplicación en la actualidad se incrementa enormemente en las ciencias y la tecnología. Los grafos tienen que ver con la búsqueda de soluciones parsimoniosas en situaciones donde estén involucradas redes y matrices de conectividad, incidencia, flujos, sentido, direcciones. De hecho, las matrices, los algoritmos y los cladogramas de la sistemática y la biogeografía cladística son aplicaciones de la teoría de grafos. La teoría de grafos representa la praxis de un estilo donde, en situaciones complejas, no se buscan explicaciones exactas, sino heurísticas, óptimas y suóptimas.*

un mapa de espacio, tiempo y forma o, en el decir de Morrone (2004), un patrón de interrelación de espacio, tiempo y forma.

Un trazo es también interpretado como un sector de tierra o mar donde evolucionó un taxón (Espinosa *et al.*, 2002). De acuerdo con Grehan (2000), la correlación de los trazos con caracteres tectónicos, verbigracia, zonas de fallas, suturas y de expansión, suministra la base geográfica necesaria para interpretar la relación evolutiva entre la tierra y la vida. Coincidimos con estos puntos de vista, pues sencillamente contemplan al trazo como la representación geométrica de la evolución espacial de un taxón, sin realizar asunciones prejuiciadas acerca de las posibles causas de la evolución espacial del taxón en cuestión. Un trazo podría ser indicativo de una distribución más amplia fragmentada en la actualidad. Pero también podría significar la configuración de una distribución moldeada por factores ecológicos, indicando los espacios donde los organismos encuentran los recursos que necesitan para su supervivencia y reproducción. En este caso, los organismos accederían a dichos espacios gracias a sus posibilidades de movimiento, no se encontrarían en ellos como relictos poblacionales debido a su incapacidad de rastrear y co-construir sus ambientes óptimos.

Los trazos conectan localidades mediante árboles de expansión mínima: ello dibuja un grafo acíclico, conformador de una red espacial con vértices conectados entre sí, de manera que la suma de la longitud de las conexiones entre localidades es la mínima posible. Para n localidades, las conexiones son $n-1$. (Fig. 5.17). Esta relación, en sí misma, no asume una cualidad parsimoniosa para la evolución espacial; sino la afiliación de un principio metodológico y epistemológico general para la incorporación directa y racional de la información espacial en el análisis. El criterio de parsimonia insinúa una hipótesis, cuyo presupuesto establece que la conexión entre localidades es a través de distancias mínimas. Para ello es necesario un mínimo de tres localidades; de otra manera, las localidades y sus conexiones no pueden ser contrastables entre sí. La selección de la distancia mínima puede ser contrastada contra la selección de una hipótesis de evolución espacial



Fig. 5. 17. Trazo panbiogeográfico del murciélago *Philonycteris poeyi*. Datos de distribución de Silva (1979).

menos parsimoniosa, considerando evidencias filogenéticas, biológicas, geológicas, etc.

Para n localidades, hay n^{n-2} árboles de expansión. Debido a esta desbordante cantidad de alternativas conectivas cuando se incrementa el número de localidades, el análisis panbiogeográfico se rige por el criterio de parsimonia. En conclusión, un trazo panbiogeográfico es una propuesta de hipótesis de evolución espacio-temporal de las formas biológicas, el cual nos ayuda a esbozar el patrón y el sentido de dicha evolución. Ello no es posible con el mero análisis de un ámbito de distribución mediante una nube de puntos. Estas hipótesis básicas o primarias son susceptibles de enriquecerse y contrastarse con hipótesis de relaciones genealógicas entre los taxones involucrados y con hipótesis sobre la evolución geológica y climática del área. Así, un trazo informa sobre áreas, límites, disyunciones y núcleos de poblaciones (Grehan, 2001b).

Las localidades conectadas por árboles de expansión mínima son *vértices* en la teoría de grafos (y los trazos son aristas). Los vértices pueden ser categorizados por

el número de conexiones que comparten con otros vértices. Los vértices son puntos de confluencia espacial con diferentes grados de conectividad. Las áreas con alta densidad de vértices de primer grado podrían indicar la periferia en la distribución de un taxón o los límites de 2 o más taxones. Los *nodos* son áreas donde se interseccionan o coinciden dos o más trazos. Es posible reconocer nodos cuando se contactan los trazos en sus puntos extremos (Fig. 5.18). Los nodos son puntos con gran densidad de vértices extremos o terminales de trazos y los vértices son puntos de conexión con diferentes grados de conectividad. Grehan (2000) califica a los nodos de puntos de elevada conectividad. Posteriormente, Grehan (2001b) considera a los nodos como límites biogeográficos que identifican áreas de origen compuesto, a partir de la intersección de trazos. Morrone (2004) interpreta los nodos como límites biogeográficos dinámicos de contacto entre fragmentos de diferentes biotas ancestrales, al tratarse de zonas de convergencia tectónica.

De acuerdo con Aguilar y Contreras (2001) los nodos están relacionados con: (1) Endemismo. (2) Diversas afinidades geográficas y filogenéticas. (3) Límites geográficos y filogenéticos. De modo semejante a los trazos, un nodo no tiene que indicar necesariamente conectividad entre diferentes biotas ancestrales.



Fig. 5.18. Trazos y nodos panbiogeográficos en tres taxones hipotéticos. Números indican vértices terciarios y cuaternarios. Círculos indican nodos donde convergen los trazos de los taxones

Ello sería tan solo una de las posibles interpretaciones de lo que indica un nodo biogeográfico de manera directa: un área de conectividad espacial entre diferentes taxones. Por el mismo motivo, un nodo panbiogeográfico no tiene que estar relacionado con áreas de endemismo. De hecho, un área de endemismo es definida por su *exclusividad* en cuanto a composición de taxones, mientras un nodo panbiogeográfico es distinguible por su *conectividad*, es decir, por convergencia en la trayectoria espacial de diferentes taxones. Por supuesto, un nodo de biodiversidad puede ser un “punto caliente” complejo y representar al mismo tiempo un área con gran diversidad de especies, concentración de endémicos y de convergencia de trayectorias espaciales. Debido a estas diferencias, los grandes nodos panbiogeográficos de Croizat (Fig. 5. 19) no son necesariamente coincidentes con los “puntos calientes” de la biodiversidad más notables del planeta (Fig. 5. 7)

El *trazo generalizado* o estándar es el elemento conceptualmente básico de la panbiogeografía. De acuerdo con Llorente *et al.* (2000, 2003) y Morrone (2004), la panbiogeografía “busca, mediante el empleo de trazos generalizados, reconstruir biotas ancestrales que se habrían fragmentado a través del tiempo mediante cambios



Fig. 5. 19. Nodos panbiogeográficos generalizados del planeta, según Croizat.

geográficos... El trazo generalizado o estándar representa el patrón actual de un grupo de distribuciones antepasadas o biotas, del cual los componentes individuales son fragmentos o relictos. Un trazo generalizado se reconoce por la congruencia, superposición o anidamiento de un conjunto de trazos individuales”. En el criterio de Llorente *et al.* (2000), un trazo generalizado es un conjunto de distribuciones coincidentes (Fig. 5.20), las cuales se consideran una evidencia *prima facie en contra de que la dispersión haya causado ese patrón* *.

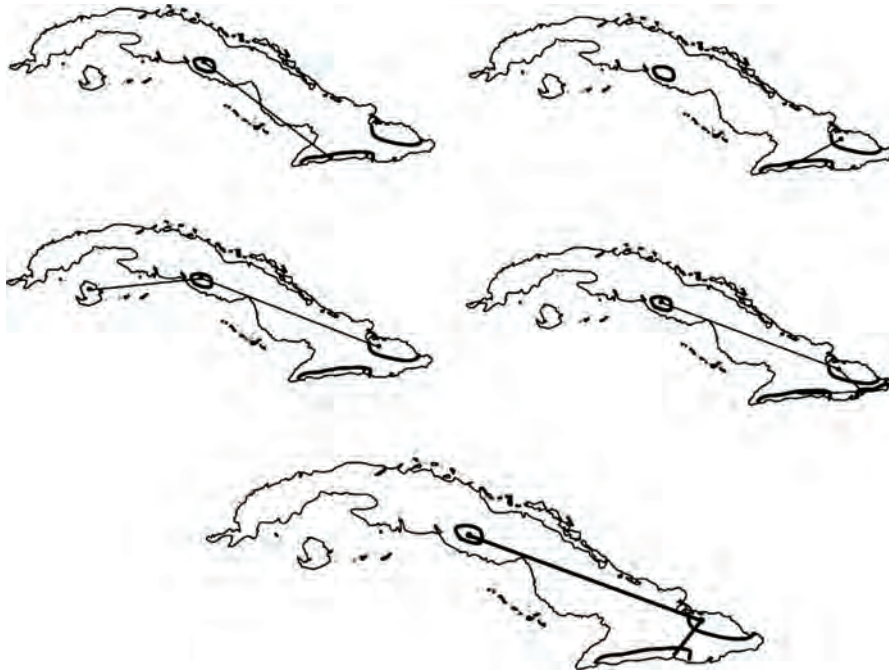


Fig. 5. 20. Las cuatro figuras superiores muestran trazos individuales de 4 taxones hipotéticos. La figura inferior representa la congruencia general en las distribuciones de dichos taxones, o trazo generalizado

**En realidad, la única evidencia que ofrece un conjunto de distribuciones congruentes es justamente eso: evidencia visual de congruencia espacial. Esa constituye la única evidencia “a primera vista”, pero ello no implica ningún tipo de evidencia causal, a menos que se parta de ese presupuesto, lo cual, entonces, convierte todo el razonamiento en una circularidad lógica estéril*

Desde la perspectiva de Grehan (2001c), los patrones de distribución se agrupan en trazos generalizados si comparten la misma secuencia o forman conjuntos anidados de localidades. Los trazos generalizados sugieren un origen común para los taxones componentes y su significado geológico potencial se infiere a partir de su correlación con caracteres geológicos o geomorfológicos (línea de base). Según Morrone (2004), del mismo modo que es posible definir nodos a partir de la intersección de trazos individuales, es factible también diferenciar “nodos generalizados”, mediante la intersección de dos o más trazos generalizados (Fig. 5. 21).

Craw *et al.* (1999) advierten acerca de no asumir procesos particulares respecto a los trazos generalizados. Un trazo generalizado podría implicar:

- (1) El trazo de una biota ancestral subdividida espacialmente por eventos vicariantes



Fig. 5. 21. Las islas Galápagos como ejemplo de nodo generalizado donde convergen trazos generalizados del caribe, Norteamérica y Sudamérica. Tomado de Grehan (2001c).

- (2) Una vía de dispersión concordante utilizada concurrentemente por los taxones involucrados.
- (3) Eventos de dispersión separados
- (4) Una combinación de estos escenarios.

Otros conceptos básicos (y conflictivos) de la panbiogeografía son la *línea de base*, el *centro de masa* y la *orientación* de los trazos. Grehan (2001b) describe que una línea de base es una característica diagnóstica de un trazo, correspondiente con el sector de la tierra más próximo al mismo. Los trazos que comparten la misma línea de base representan una biota ancestral. La línea de base correlaciona el trazo con algún atributo geológico o morfológico, digamos fallas, cuencas, suturas; todo lo cual alude a procesos históricos de la evolución tierra-vida. Para Grehan, la correspondencia entre trazos y accidentes geológicos hace la gran diferencia entre la panbiogeografía y la biogeografía cladística. Esta última necesita buscar una congruencia entre las relaciones filogenéticas de las especies en un cladograma, y las áreas donde habitan, con un modelo geológico particular para dicha área. Como es lógico, todas las hipótesis y modelos tienden a ser veleidosos, relativos y susceptibles de cambios drásticos en su contenido. Idealmente, la panbiogeografía se libera de este conflicto, al buscar correspondencia con características de la tierra resultantes de su evolución, y que forman parte de la identidad histórica de las áreas.

Una línea de base, aclaran Craw *et al.* (1999), no significa precisar un centro de origen, sino un locus alrededor del cual racionalizar explicaciones de distribución geográfica. En su criterio, este concepto instituye una conjetura sobre proximidad espacial con respecto a un rango ancestral primario. Una vez especificada una línea de base, las discusiones sobre migración no tienen sentido. Para Morrone (2004), la línea de base puede interpretarse como el sitio de localización de la biota ancestral. Este autor expande los atributos para delimitar líneas de base, los cuales pueden ser también accidentes geográficos tales como ríos, brazos de mar o cadenas montañosas o, incluso, elementos climáticos o de discontinuidad de hábitats. En conclusión, las líneas de base delimitan áreas y, en

efecto, este concepto *racionaliza* explicaciones, pues se asume como posibilidad básica, sino única, que las áreas delimitadas (al igual que en el caso de los trazos) representan la ubicación de una biota ancestral.

Espinosa y Llorente (1993) y Espinosa *et al.* (2002), declaran que la *orientación de los trazos* es el punto clave del método panbiogeográfico, pues la orientación personaliza la secuencia de las disyunciones de la biota ancestral. La orientación requiere de la designación de una línea de base, y la línea de base es el sitio de localización de una biota antecesora. En palabras de Grehan (2000), la orientación es de interés biogeográfico porque ayuda a identificar los centros geográficos involucrados con los orígenes de un grupo. Los taxones reconocidos por Grehan- evolucionan dentro de un sector espacio-temporal particular, no sobre todo el globo. La orientación de un trazo hacia un sector geográfico particular está dada por la designación de una línea de base.

Los trazos (individuales o generalizados) son factibles de orientarse no sólo en correspondencia con su línea de base, sino también de acuerdo con la posición de las especies en un cladograma o a partir de un *centro de masa* (Fig. 5.22). Un centro de masa es el área de mayor diversidad morfológica, genética o taxonómica de un taxón. Sin embargo, no hay por qué suponer que algún taxón tenga un “centro de masa” definido. Grehan (2001b) precisa que el centro de masa no tiene equivalente en la teoría de grafos. Ello es cierto, pero la orientación de los grafos sí es equivalente con la de los trazos. Por consiguiente, la orientación implica direccionalidad exclusivamente en el sentido indicado por las flechas.

Según puntualizan Espinosa *et al.* (2002) y Morrone (2004), la orientación de los trazos ha estado asociada a dispersión a partir de un centro de origen o área ancestral, supuesto que no admiten los panbiogeógrafos*. De igual modo, la orientación a partir de un cladograma sería semejante a la “regla de la progresión” de

*Los panbiogeógrafos tampoco admiten el concepto de áreas ancestrales, aunque los trazos generalizados y las líneas de base supuestamente indican la localización de biotas ancestrales. Es decir, se aceptan conjuntos de organismos ancestrales, pero no una localización definida para los espacios ancestrales donde debieron vivir esos organismos.

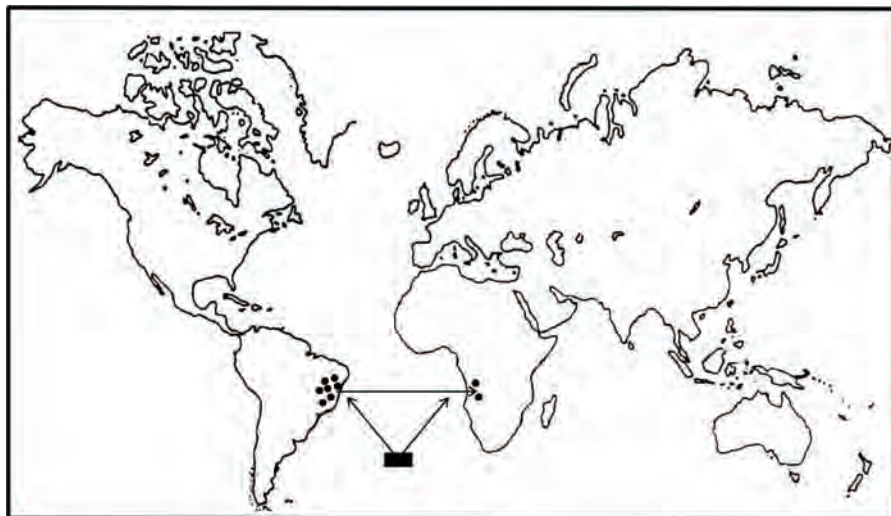


Fig. 5. 22. Línea de base (Océano Atlántico) y centro de masa de un taxón hipotético distribuido en Sudamérica y África.

la biogeografía filogenética de Hennig y Brundin (Fig. 5. 23), tampoco aceptada por los paladines de la vicarianza. Morrone reconoce estos conflictos, se pregunta si tiene sentido orientar los trazos y prácticamente sugiere ignorar este procedimiento. Al respecto, comenta Morrone, “resulta llamativo que en el libro de *Craw et al.* (1999), cuyos autores consideran imprescindible orientar los trazos mediante líneas de base y centros de masa, los numerosos trazos ilustrados no estén orientados”.⁴¹

Mayden (1991) denunció de crípticos y confusos algunos de estos términos (de hecho tildó a la panbiogeografía de “jungla”), no sólo en cuánto a definiciones, sino en cuánto a implementación práctica. De hecho, los calificó de inadecuados para los análisis biogeográficos. Por ejemplo, ¿cómo saber cuáles accidentes geográficos-geológicos constituyen una línea de base? Y no sólo eso, la delimitación de las áreas bióticas puede ser, en realidad, una consecuencia de la presencia de barreras físicas por un lado, pero también de la interacción de factores climáticos,

ecológicos y biológicos. En adición, un núcleo de diversidad o “centro de masa” podría significar muchas cosas, y ninguna de ellas relacionadas con la presencia de “líneas de base”. Un núcleo de diversificación podría ser el resultado de la especiación a partir de un antecesor común que llegó a un área donde previamente no se encontraba el taxón. Es decir, que un “centro de masa” no significaría necesariamente un lugar del cual “sale” una ruta dispersiva. Por el contrario, representaría un lugar donde la diversificación ha ocurrido *in situ*, a partir de uno o unos pocos linajes ancestrales que arribaron a dicho lugar, probablemente de áreas que, en la actualidad, son menos ricas en especies que el núcleo de diversidad de marras. Esta situación es típica de la diversificación insular, pero, en los términos aquí esbozados, es rechazada por algunos panbiogeógrafos (ver Heads, 2005a).

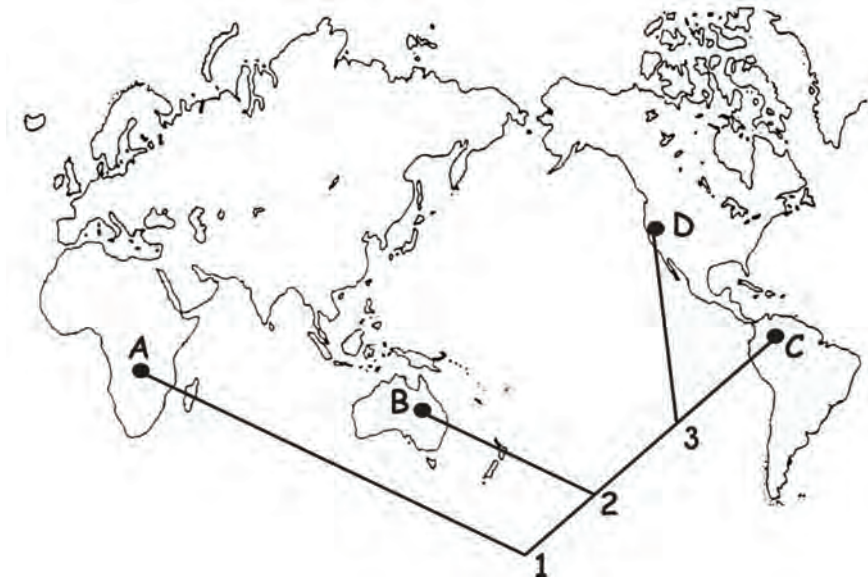


Fig. 5. 23. Si se asume la “Regla de la Progresión”, entonces la interpretación de este ejemplo hipotético implica que el taxón en cuestión se originó en África, pues es donde se distribuye la especie basal del cladograma. Luego, se dispersó de alguna manera hacia Australia y América, donde se encuentran las dos especies más derivadas del taxón.

Las líneas de base, los centros de masa y la orientación de los trazos exhiben un carácter ambiguo y de dudosa racionalidad en los análisis biogeográficos. Si las áreas de endemismo o de elevada diversidad biótica son constituyentes reales de la fenomenología natural del mundo, entonces existen en dimensiones espacio-temporales determinadas. Sus límites pueden ser relativamente demarcados, sobre la base de explorar su correspondencia con una combinación de accidentes geográficos, geológicos o gradientes climáticos y ecológicos. Lo cuestionable es la necesidad de enmarcar estos fenómenos dentro de una conceptualización de “líneas de base” o “centros de masa”. En cualquier caso, centros de diversidad o “puntos calientes” no tienen por qué tener equivalencia conceptual con “centros de masa”, donde el propio sentido del término “masa” en el terreno de la biogeografía, la sistemática o la evolución es inapropiado.

Es posible considerar los grafos biogeográficos como hipótesis susceptibles de ser sujetas a prueba y receptoras a corroboración y refutación, sobre la base del conocimiento de la distribución y filogenia de los taxones. El trazo es un registro de localidades, viable de ser comparado con otros trazos y de ser modificados por la adición de nuevo conocimiento sobre la distribución espacial de los organismos. Para Craw y colaboradores los grafos de trazos simbolizan una “lógica espacial”, definida como evidencia primaria de los procesos de la tierra. Nosotros interpretamos los trazos en el sentido de evidencias primarias de los eventos de la biota, no de la Tierra. Si los trazos son grafos de conexiones entre localidades *de la distribución espacial de organismos*, no es posible endilgarles la propiedad de ser evidencias primarias de ningún evento o proceso geológico. Los nodos representarían, ante todo, áreas de elevada conectividad y de gran interés biogeográfico.

Craw *et al.* (1999) discurren que los mapas de trazos y nodos son también mapas de biodiversidad. La biodiversidad es un fenómeno espacial y geográfico, no un mero conjunto de taxones en un área dada. Según este criterio, la panbiogeografía asume la biodiversidad, no como una suma de elementos, sino

como diferencias en *homología espacial* que separa un tipo de distribución de otra. Los nodos son de particular importancia, por la confluencia en una misma área de taxones restringidos y por delimitaciones de índole biogeográfica y filogenética. Los trazos son los elementos espaciales de la biodiversidad y los nodos son puntos calientes de biodiversidad. Los nodos son estructuras compuestas que implican una sutura de diferentes historias biogeográficas. Los nodos más complejos son llamados *puertas*, las cuales conectan historias pasadas con distribuciones actuales. El *antinodo* sería una zona donde los taxones considerados están ausentes. Nodos y trazos conforman una red de conectividad espacial. De este modo, la panbiogeografía, o mejor aún, el delineamiento de la distribución espacial mediante trazos y nodos permite representar la biodiversidad en un lenguaje de redes.

INTERPRETACIONES NO VICARIANTES DE TRAZOS

La interpretación racionalizada de los trazos generalizados es su significado como homologías biogeográficas (ver más adelante), por lo tanto, indican una historia espacial común. Y esa historia espacial común es el resultado de la pertenencia a una biota ancestral que estuvo más extendida geográficamente y fue fragmentada por eventos vicariantes. Por ejemplo, Grehan (2001c) critica con vehemencia la idea de la dispersión como mecanismo responsable del poblamiento biótico de archipiélagos como las Galápagos o Hawaii. Para ello se basa en los trazos que conectan a las Galápagos con Las Antillas, América, Australia y el Pacífico y, sobre esta base, realiza una explicación sobre la historia geológica del área.⁴² De manera particular, Grehan señala al trazo de *Galapaganus*, grupo de escarabajos picudos ápteros (Curculionidae) de las Galápagos, Perú y Ecuador, como ejemplo de vicarianza.

Por otra parte, Lanteri (2001) asume, sobre la base de evidencias geológicas y biológicas, un poblamiento por dispersión no sólo para este archipiélago, sino también para las islas Hawaii y las Canarias. Lanteri presenta un cladograma de

Galapaganus (Fig. 5. 24). Sobre la base de estas relaciones filogenéticas y de la distribución de las especies, Lanteri no sólo propone dispersión para el poblamiento del archipiélago por este grupo, sino la ocurrencia de al menos 3 eventos dispersivos desde el continente. Veamos. En primer lugar, la diversificación del grupo ha sido mayor en las islas que en el continente. Este patrón es típico del arribo de pobladores a un área con recursos y situaciones ecológicas disponibles para su utilización y eventual especiación. De haber ocurrido vicarianza ancestral, deberían aparecer todas las especies del continente a un lado y las insulares al otro. Sin embargo, existen especies continentales intercaladas con las insulares. De esta manera, habría que invocar distintos eventos vicariantes entre las islas y el continente, lo cual es absurdo.

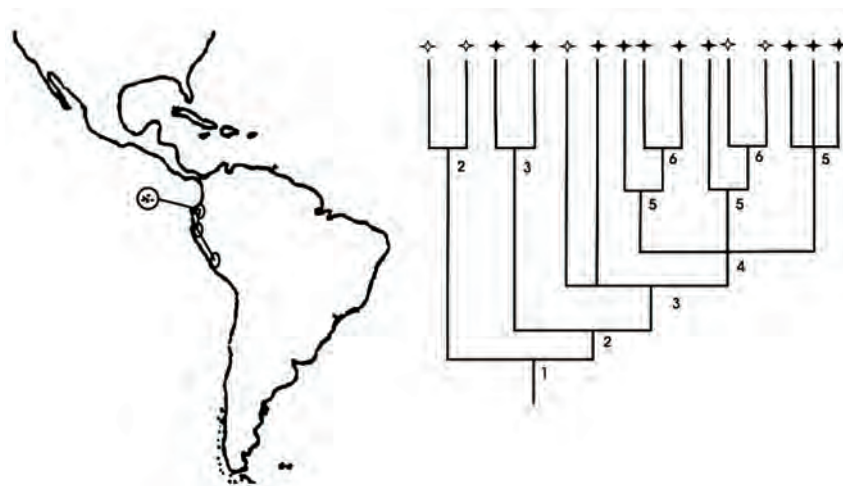


Fig. 5. 24. Trazo del género *Galapaganus*, según Grehan (2001c) y cladograma de relaciones filogenéticas, basado en Lanteri (2001). Estrellas vacías representan las especies del continente y las estrellas rellenas las especies de las islas Galápagos. Los números indican a que distancia desde la raíz se encuentra cada nodo en el cladograma.

Verdaderamente, este cladograma ofrece sugerencias notables. El primer nodo con especies terminales es el nodo 2, que sustenta dos especies hermanas del continente. Este es el clado más cercano a la raíz del cladograma y hermano del resto de las especies del género, que pertenecen a un clado con especies tanto insulares como continentales. Por los motivos aducidos en el párrafo antecedente, esta topología sustenta con mayor probabilidad la ocurrencia de un evento dispersivo original continente-islas, ante la alternativa de una vicarianza continente-isla. En el nodo 3 se observa una irresolución filogenética, y por lo tanto también biogeográfica, entre una especie del continente y una insular. El nodo 4 representa el antecesor común de un clado con especies insulares y dos especies hermanas del continente. Todas las especies terminales que aparecen en el nodo 5 son del archipiélago.

El nodo más derivado es el nodo 6. El clado de especies hermanas continentales pertenece a este nodo, hermano a su vez de una especie insular, con el antecesor común de las tres especies en el nodo 5. La interpretación más razonable sugiere que el antecesor común de ese clado (o la especie basal) se dispersó, *desde las islas hacia el continente*, donde se convirtió en, o lo originó, al antecesor común de las dos especies continentales. Si nos ubicamos en el nodo 4, observamos que todos los nodos descendientes involucran a especies de las islas, por lo tanto, la dispersión islas-continente parece ser la más parsimoniosa. Si descendemos al nodo 3, tampoco es posible descartar esta interpretación, debido a la irresolución cladística entre la especie del continente y la insular, posicionadas en este nodo. Nuestra diferencia con el análisis de Lanteri es el contemplar la posibilidad de al menos dos de los tres posibles eventos dispersivos en sentido inverso. No significa no-vicarianza.

ORTOGÉNESIS ESPACIAL

Croizat (1973), Grehan y Ainsworth (1985) y Heads (1985, 2005a) explican las grandes disyunciones geográficas mediante un proceso de “ortogénesis biogeográfica”. Repasemos algunos ejemplos. Picumninae es un grupo monofilético de Piciformes, conocidas como pájaros carpinteros o picamaderos. Picumninae está integrado por cuatro géneros de especies pequeñas y sedentarias. El género *Nesocittes* (1 especie) se distribuye en la isla La Española, *Verreauxia* (1) se localiza en África Centro-Occidental, mientras las especies de *Sasia* (2) viven en Indomalasia. Por último, el género *Picumnus* (26) se extiende desde Honduras hasta Paraguay, el Norte de Argentina y Brasil Sudoriental. Sin embargo, una de sus especies, *P. innominatus*, tiene una distribución excéntrica en el Viejo Mundo, desde el Himalaya Occidental hasta China Central, Sumatra y Borneo (Fig. 5. 25). Croizat alega que *P. innominatus* es un “error” de *Sasia*, el cual ha generado una



Fig. 5. 25. Distribución de Picumninae. *Picumnus* (P), *Nesocittes* (N), *Verreauxia* (V),

“forma de *Picumnus*”, “aberrante” o “mutante” biogeográficamente con relación a este último género.

En palabras de Croizat, el *Picumnus* asiático representa, de hecho, el “fenogenotipo” ancestral del cual ha emergido Picumninae. *P. innominatus* no emigró desde América, sino se originó allí por formación politópica (ortogénesis). Croizat discurre que los pre-piciformes en todo el mundo, menos en Madagascar y Australia-Polinesia, dieron origen politópicamente a Piciformes. De los Piciformes ancestrales se originaron los Picidae ancestrales. A su vez, estos pícidos engendraron los antecesores de Picumninae, y a partir de éstos evolucionaron los géneros y especies actuales. En *Picus* no existe dispersión, sino “movimientos de masa ordenados en el tiempo y el espacio”. A partir de una forma pre-*Picus* se originaron poco a poco los géneros, especies y razas modernos. Croizat y Heads (1985) opinan que la forma Picidae, antes de haber alcanzado el nivel de Picumninae, evolucionó por tendencias hacia recombinaciones de, *Sasia*, *Nesocites*, *Verreauxia* y *Picumnus*, este último en América y Asia. Es decir, que el antepasado de todos estos géneros originó a los géneros particulares en cada área, excepto *Picumnus*, que “apareció” dos veces de manera independiente. Así, muchos taxones, si no todos, son polifiléticos por origen, pero monofiléticos por tendencia. El significado de esta última idea no nos queda claro.

Croizat (1982) y Grehan y Ainsworth (1985) exponen otro ejemplo. Los lagartos iguánidos son un grupo principalmente americano y antillano, pero tienen un género en los archipiélagos de Tonga y Fiji y dos géneros en Madagascar. El grupo más estrechamente relacionado con los iguánidos es Agamidae, lagartos distribuidos por el Viejo Mundo, excepto en Madagascar (Fig. 5.26) Se conocen agámidos fósiles del continente americano e iguánidos fósiles en Europa. Sin embargo, estos autores conjeturan que los iguánidos de Madagascar y de Oceanía ni arribaron a dichas islas por dispersión, ni evolucionaron a partir de fragmentación vicariante, sino porque de manera independiente desarrollaron características de iguánidos a partir del potencial ortogénético del antecesor común de ambos linajes.

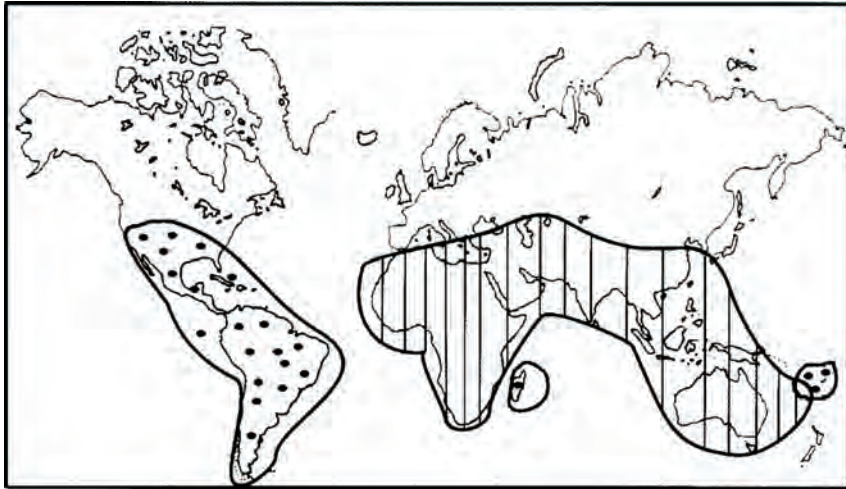


Fig. 5. 26. Distribución de *Iguanidae* (puntos) y *Agamidae* (rayado).

Desde este ángulo, Heads (2005a) discursa: “El paralelismo es un problema sólo si los taxones son monofiléticos. Los taxones se desarrollan no sólo una vez, sino muchas veces en muchos lugares diferentes de un complejo ancestral diverso y extendido espacialmente. Los organismos no se originan *de novo*, de la nada. La perspectiva filogenética de la panbiogeografía involucra siempre estados ancestrales diversos para un mismo taxón”.

Croizat discurre: “En la distribución no hay azar...la naturaleza siempre es un admirable tejido de causas y efectos. Lo importante en la distribución son los conjuntos de fenómenos congruentes, no las particularidades...Las formas evolucionan en centros de evolución. La distancia que separa las disyunciones no es por migración, sino por formación politópica. La clave en la biogeografía no es distancia ni emigración, sino el proceso evolutivo y formativo en el tiempo y a lo largo del espacio... Las emigraciones al azar no existen, sino movimientos de masa, ordenados en el tiempo y el espacio”. En adición, Croizat declara: “...sólo quién

carece de ideas y métodos se encuentra como víctima inocente frente a las 'paradojas' de la naturaleza. Cada análisis le dirá que pensar sin nunca violentar las generalidades de los casos y la doctrina". En estas líneas se esbozan ideas incongruentes entre sí. Por un lado, se propugna una completa libertad de perspectivas y procedimientos en la búsqueda de explicaciones, mientras por otro lado se aprisiona la construcción de conocimientos a una férula doctrinal, racionalizada dentro de un orden riguroso, prohibitivo de libertades en otras direcciones de comprensión, capaces de violentar la "doctrina".

Grehan y Ainsworth (1985) aseguran que la panbiogeografía es la perspectiva biogeográfica de la ortogénesis. La disyunción es provocada por un antecesor que estableció su ámbito durante un periodo de movilismo. Este patrón sería análogo a la "vicarianza dinámica" propuesta por Zunino (2003) para el caso de los tapires. Sin embargo, esta posibilidad no es congruente con sus explicaciones respecto a Picumninae y Agamidae-Iguanidae. En estos casos, Grehan y Ainsworth, junto a Croizat y Heads, implican que el género *Picumnus* evolucionó dos veces, pero no consideran que algunas especies del género pudieron estar distribuidas más ampliamente. De este modo, *P. innominatus* sería un relictos de ese linaje. No es necesario, contrario a lo expresado por Croizat, pensar que esta especie se dispersó desde América hacia Asia tropical.

En el caso de los reptiles, y a pesar del registro fósil que abarca los "vacíos" en la distribución ancestral, la hipótesis propuesta es que la evolución produce los mismos linajes de manera independiente. Al parecer, con este tipo de ideas acerca de orígenes múltiples para un mismo linaje uno no resulta una víctima desvalida de las "paradojas" de la naturaleza. Por ejemplo, la distribución disjunta de los tapires en Asia y Sudamérica podría ser interpretada por "ortogénesis biogeográfica". Zunino propone otra alternativa, la "vicarianza dinámica", es decir, la extinción de representantes del mismo linaje en áreas intermedias. Esta hipótesis es contrastable ontológicamente mediante evidencias fósiles, tal y como es el caso.

Según Heads (2005a), la distribución de *Picumnus* no significa que ha

habido ni migración ni extinción en el centro. Simplemente, los caracteres de todos los grupos se han recombinado de la misma manera en localidades ampliamente separadas. Paralelismo y convergencias son fácilmente explicados por ortogénesis, no pensando en grupos monofiléticos. Las tendencias morfológicas son el resultado de desarrollo ortogénético, no cambios genéticos al azar o procesos de otra índole. Heads se pronuncia contra la noción de especie ancestral. En su lugar, propone la concepción de “complejo ancestral polimórfico”, lo cual, aparentemente, significa un centro productor/recombinador de caracteres localizados...fuera del espacio, el tiempo y los organismos. Heads nos dice, “el centro hacedor de forma (form-making-center) incluye tanto evolución de especies como de caracteres”. Sin embargo, nos parece redundante esta idea. ¿Acaso pueden evolucionar las especies sin que evolucionen los caracteres o propiedades integradas en los cuerpos vivientes, o viceversa?

En el criterio de Heads, lo que se engendra en estos centros puede o no resultar en grupos bien definidos, es decir, que se producen “complejos débilmente delimitados, o enjambres de híbridos; lo destacado es la recombinación caleidoscópica de caracteres, no grupos distintos”. Una vez más, resalta la evolución y recombinación de caracteres incorpóreos. Heads espeta, “Los grupos monofiléticos no pueden ser realmente una unidad fundamental, general, para la biología y la sistemática comparativa. Ni siquiera las especies son fundamentales, desde el momento que están constituidas por caracteres, el más esencial de los cuales puede desaparecer inesperadamente. En panbiogeografía no hay nada especial acerca de las especies o clados de ningún tipo; estos son sólo trayectorias entre subespecie y género”.⁴³

Sin embargo, las especies *no están integradas por caracteres*. Las especies son linajes, sistemas de poblaciones extendidos en el tiempo. Los organismos no son ensamblajes de caracteres. Los caracteres son propiedades relacionales de los organismos. Los caracteres sólo existen como operaciones de distinción relacional de los observadores. Los observadores distinguen componentes de la estructura, del

metabolismo o de la conducta de los organismos como caracteres. De la manera descrita, la ortogénesis percibe a los componentes estructurales o relaciones procesales de los organismos como elementos enajenados de sus sistemas respectivos. En este panorama biogeográfico de la ortogénesis, los caracteres saltan, con vida propia, de organismo en organismo, aparecen, reaparecen y desaparecen, en cualquier lugar y ocasión, como ejecutando una danza mágica y traviesa.

Incluso, el origen simbiogenético, es decir, polifilético, de un nuevo linaje, no elimina a la monofilia como un concepto fundamental. El nuevo linaje, aunque polifilético por origen, fungirá como un antecesor monofilético para sus descendientes. Y ese es el sentido del desarrollo de los eventos de especiación, donde ocurren tanto anastomosis de linajes como divergencia subsiguiente a partir del nodo anastomosado.

Nelson (1994) criticó el tratamiento de los caracteres como propiedades independientes de los taxones en los cuales son distinguidos, como si los organismos completos estuvieran relacionados en una manera diferente a la de sus partes, o sea, con independencia de las partes, y estas partes independientes del todo. Nelson consigna, “Se rechaza que las aves evolucionaron de reptiles, pero no que las alas de aves evolucionaron de brazos, cuando el significado de ambos enunciados, si es que presentan algún sentido, es el mismo. Si las alas de las aves son un grupo monofilético de órganos, es porque las aves son un grupo monofilético de organismos. Taxones y homología son relaciones filogenéticas entre, respectivamente, organismos y sus partes”.

La perspectiva filogenética de la ortogénesis establece que la evolución tiende a producir formas específicas en el espacio y el tiempo, con independencia de las condiciones ambientales. La ortogénesis *filogenética* sería la acción de constreñimientos, invariantes y atractores epigenéticos comunes a los miembros de un mismo linaje. La ortogénesis se expresa en los linajes, que son los agentes materiales de la filogenia. Los linajes, como trayectorias morfológicas, existen en un espacio y un tiempo, pero en un espacio y un tiempo individualizado para cada linaje. Las especies, los linajes, son individuos evolucionarios, representan tokens de

grupos monofiléticos, de invariantes epigenéticas. Los tokens siempre son únicos mediante la individuación del desarrollo (Salthe, 1996). Los tipos evolucionan como instancias de tokens. En la perspectiva croizatiana sucede a la inversa: son los tokens las instancias de los tipos. Los tokens tienen las características diagnósticas de los tipos, pero entre ellos son heterogéneos. De no ser así, fueran el mismo token. Y cada token es un individuo único. Si dos tokens son idénticos, entonces son el mismo token; pero en el mundo real eso es imposible.

Clases y tipos difieren porque estos últimos están conformados por entidades que presentan desarrollos e historias específicas y únicas. La ortogénesis biogeográfica trata a las especies y a los taxones como clases universales, las cuales pueden ocurrir simultáneamente en cualquier lugar del espacio y el tiempo, al margen de historias particulares. Las clases representan entidades *ahistóricas*, constituyen individuos lógicos. Los taxones son entidades *históricas*, constituyen *individuos ontológicos*. Los taxones son entidades lógicas como constructos epistemológicos dentro de un esquema de clasificación, pero el sentido de estos esquemas es la distinción de clases naturales, de individuos históricos y ontológicos.

La ortogénesis biogeográfica ofrece una visión esencialista de la evolución y de la génesis de los patrones de distribución. Las *clases* son construcciones humanas, pero los *tipos*, puntualiza Salthe, tienen existencia real, y funcionan en ciertas vías en el mundo natural. Los antecesores son generalidades (arquetipos de estructura, no de “esencias” inmanentes), y deben tener todas las características en común con sus descendientes (de manera ideal). Pero ello no es cierto, porque durante la evolución emergen novedades evolutivas, y toda especie, como individuo histórico distinto y único, ostenta peculiaridades de diversa índole, peculiaridades que las hacen diferenciarse de sus antecesores y distinguirse de sus descendientes potenciales.

Los antecesores también son especies y no pueden tener todas las características de sus descendientes, porque los descendientes son un resultado de la evolución. Durante la evolución, emergen nuevos caracteres que no estaban presentes en los antecesores precedentes. De otra manera, los antecesores fueran

clases esenciales, inmanentes, y los descendientes instancias de esas clases. La evolución ocurre cuando la acumulación de información hace emerger novedades. Los antecesores o arquetipos exhiben invariantes organizacionales y estructurales respecto a sus tokens descendientes. A su vez, las formas ancestrales representan también tokens de un tipo a un nivel mayor de inclusividad, del cual se diferencian por sus novedades evolutivas, emergentes durante el proceso de especiación. Un observador situado en el pasado podría distinguir una especie, que tal vez podría ser la antecesora común de otras especies en el futuro, pero en ese momento sólo sería un token, un descendiente, no un tipo ancestral. De otra manera, habría entonces sólo desarrollo por fragmentación de caracteres ancestrales, lo cual tipificaría una visión lineal, esencialista y no evolucionaria.

El desarrollo y los accidentes históricos propician diferenciarse a los tokens entre sí; sus invariantes son los atractores epigenéticos que los hacen asignables a tipos generalizados. Ello no quiere decir que los *tipos*, en el sentido de organismos generalizados idealmente, sean reales. Las generalidades son clases, construcciones epistemológicas; los individuos son singulares y realidades ontológicas. En la opinión de Salthe, los individuos singulares son completamente determinables, pero no completamente especificables. Un antecesor común o arquetipo ideal sería perfectamente general, sin ningún tipo de ambigüedad. Las generalidades son necesidades. Los individuos son más vagos que las generalidades. Es más fácil identificar una generalidad que una individualidad. Es mucho más factible identificar a cualquier organismo como representante de un tipo dado, que determinar la especie de la cual es un componente. Los caracteres que lo distinguen como miembro de un tipo son más generales, y por lo tanto más perceptibles, mientras los caracteres que posibilitan su asignación a una especie pueden no ser tan obvios y resultar completamente desconocidos o confusos para el observador casual. Los tipos lógicos y los antecesores comunes son generalidades reconstruidas en retrospectivas a partir de individuos conocidos.

Si un antecesor común es una especie, es también un token de un tipo, por consiguiente, es algo individualizado e individualizable. Y, como todo individuo,

también es ambiguo, no es una generalidad. Un ancestro potencial o real existe como especie porque es un individuo histórico y se diferenció a su vez de su antecesor, desde el momento que, al ser especie, presenta novedades evolucionarias, distintivas de su individualidad. En conclusión, un antecesor también se distinguirá de sus descendientes potenciales. Concebir un antecesor como una generalidad es una artimaña, porque una especie es sólo un antecesor en potencia, no es posible determinar qué especie es un antecesor hasta *después* que haya dejado especies descendientes. Si la displicente vesania consumista de la humanidad permite que la biosfera continúe evolucionando, entonces algunas de las especies actuales, perfectamente distinguibles por cualquier observador contemporáneo, serán ancestrales de nuevas especies en el futuro.

Nadie sería capaz de predecir cuáles de las especies actuales serían potencialmente ancestrales. Y a nadie se le ocurriría decir que algunas de las especies actuales son “ambiguas”, o “arquetípicas”, porque pudieran ser ancestrales. Por el contrario, cuando algunas de las especies actuales muestra caracteres muy semejantes a otras, es decir, muestran ambigüedades o borrosidades en cuanto a nuestras posibilidades de distinguirlas como dos “tokens” distintos, entonces, por lo general, las asociamos con una divergencia evolucionaria reciente con otra u otras especies, no las relacionamos con un presunto estado de tipo ancestral. Y esto es sólo parte del problema, pues una especiación por simbiogénesis o hibridización, no está relacionada con supuestos caracteres “ancestrales” o derivados”. Todo organismo constituye un mosaico de caracteres distinguibles. La supuesta tenencia de caracteres “ancestrales” nos puede, sencillamente, indicar su permanencia por presiones selectivas determinadas que favorecen su perpetuación, o por resultar relaciones invariantes, no acerca de su antigüedad o de su cualidad de ancestro.

Veamos otro ángulo de la situación. En el criterio de Salthe, el “logro” de una u otra especie, desde el punto de vista de su estructura, puede ser comprendido como el resultado de una iteración caótica de un proceso básico de desarrollo, donde la estabilidad se alcanza sólo en casos donde la estructura se encuentra en armonía con el resto de la estructura del ecosistema. Los sistemas autoorganizados

incorporan información histórica hasta llegar a ser significativamente modificados sin diluirse a sí mismos mediante interacciones con sus ambientes. Un organismo tiene una trayectoria ontológica. El linaje es un individuo temporalmente extendido; tiene una trayectoria morfológica y genealógica. Ambas entidades representan la cohesión de sistemas que exhiben, por un lado, ontogenia y, por el otro, filogenia. Toda especie es una emergencia del par dialéctico desarrollo (ontogenia)-evolución (filogenia). Salthe propone no ver en la emergencia algo que involucra posibilidades preexistentes, de-lo-que-pudiera-ser-pero-no-necesariamente-es pues, de otra manera, no sería emergencia. La emergencia es una combinación no prevista de eventos, los cuales también podrían originarse de una situación particular dada.

Salthe discrimina en los sistemas vivientes dos tipos de emergencia: *emergencia del desarrollo* y *emergencia evolucionaria* (histórica). En la emergencia del desarrollo los eventos tienen precedentes, son predecibles, mas resultan inexplicables (también es factible acusarlos de inenarrables, indecibles, inexpresables). Somos capaces de predecir la secuencia de eventos en un proceso de desarrollo cualquiera; tenemos la posibilidad, inclusive, de saber y predecir cómo van a ocurrir, pero no sabemos explicar por qué ocurren así y no de otro modo o en otro momento. Generalmente, por no decir invariablemente, los eventos en el desarrollo se expresan por saltos reorganizativos de un estado a otro. Estas emergencias se manifiestan en cualquier momento y lugar de la ontología de los organismos, tanto en estructuras como en estados de ánimo, conductas, o cambios de estado físicos. En estos casos, las fases intermedias no son observadas, las emergencias literalmente cristalizan ante los ojos del observador. Así, somos capaces de predecir que de uno o dos individuos de una especie emergerá, mediante el proceso de reproducción, uno o varios individuos de la misma especie. De este modo, a partir de una especie conocida y ya establecida como sistema infodinámico no es posible que emerjan uno o varios individuos que pertenezcan a otra especie también conocida y establecida como sistema infodinámico.

Por otro lado, la emergencia evolucionaria sugiere una colección de

contingencias, o lo-que-no-sería-predecible. En la emergencia del desarrollo tenemos una idea de lo que ocurrirá, si consideramos instancias semejantes pasadas. Este desarrollo y sus secuencias emergentes se las arreglan para llevarse a sí mismo hacia delante, en forma de emergencias. La emergencia evolucionaria es la aparición de-lo-no-precedente; es el origen de lo único. Una trayectoria encuentra numerosas contingencias, según se realiza a sí misma en el tiempo. Cada contingencia es un nexo de integralidades, en la cual cualquiera de ellas pudiera llegar a ser alterada por otras contingencias. El sistema debe mantener su integración y cohesión entre todas estas contingencias únicas. Así, cada trayectoria llega a ser distinguible de otras semejantes. Esta es otra razón del por qué las historias de dos tokens cualquiera de un tipo, no tienen ninguna posibilidad de ser idénticas y repetibles en cualquier dimensión del espacio y el tiempo de este complejo, asimétrico, diverso y nada uniforme mundo.

Un linaje es una trayectoria de interpretantes de los genes y del ambiente, y de su propia autorreferencialidad sistémica. Organismos y poblaciones son los interpretantes. El linaje es un proceso dinámico que vincula poblaciones (ecología) con demos (genealogía), por eso es una generalidad ambigua, pero al mismo tiempo es trayectoria morfológica individual y única, y también por ello es un individuo irrepitible y no duplicable. Las especies pertenecen sólo a la dimensión genealógica, como grupo de demos, después que el linaje se ramifica (u ocurre coalescencia de dos o más linajes por simbiogénesis). La especie es aún menos general que el linaje, por lo tanto, es aún más imposible lógicamente su duplicación como otro *ego-alter* idéntico a sí misma. Y lo mismo es aplicable a linajes de mayor inclusividad, es decir, grupos monofiléticos de linajes.

Como refiere Salthe, en lógica dialéctica algo puede ser a la vez *a* y *no-a*, porque está cambiando; pero no puede simultanear el ser completamente *a* y completamente *no-a*. Una especie no puede a la vez pertenecer o haber sido engendrada en dos linajes (géneros) diferentes. La ortogénesis biogeográfica trata a las especies como clases, no como individuos. Las especies no pueden duplicarse, porque los individuos son singulares. Son sistemas clausurados

informacionalmente, con un único origen en el tiempo y el espacio. La ortogénesis es una tendencia en el desarrollo de un sistema en un sentido determinado, debido a la acción de constreñimientos y atractores de forma, organización y estructura, no es una multiplicadora prodigiosa de sistemas infodinámicos autoorganizados. Enfocada así, la ortogénesis convierte a la panbiogeografía en la teoría del todo en la biología.

La evolución es incapaz de producir dos tokens iguales. Los eventos evolutivos se despliegan mediante la acumulación irreversible de errores del desarrollo y de novedades ontológicas. La aparición de dos tokens iguales es lógica y ontológicamente imposible. Un individuo no puede tener dos orígenes. La ortogénesis biogeográfica no es una opción válida para explicar patrones de distribución espacial “incongruentes”. La incongruencia está dada, no respecto a la ontología natural, sino respecto a una manera particular de pensar, llámesele perspectiva, enfoque, método, paradigma o doctrina. La incongruencia la percibe un sujeto, un observador, y la percibe porque la construye, y la construye dentro de un modelo cognitivo que ya se encuentra a su vez pre-construido. Un género es un individuo histórico; por consiguiente, los miembros de un género no pueden aparecer en espacios distintos con antecesores comunes diferentes para el mismo género.

HOMOLOGÍAS, TRAZOS Y ÁREAS ANCESTRALES

Hall (1994) * enunció: “La homología, la semejanza entre organismos debido a ancestría común, es el concepto central de toda la biología comparativa. No obstante, la aplicación de este concepto varía, en dependencia de los datos bajo escrutinio.” Bolker y Raft (1996) coinciden: “El concepto ha sido central a los estudios de morfología y desarrollo desde Aristóteles... La definición está cerca de un

* Nota de editor en *Homology, The Hierarchical Basis of Comparative Biology*

consenso porque no es demasiado específico... No existe un concepto no ambiguo o único". Según dichos autores, el concepto de Mayr (1982) es muy adecuado: "Una característica en dos o más taxones es homóloga cuando es derivada de la misma (o correspondiente) característica de su antecesor común". Patterson (1982) estableció tres criterios básicos para la inferencia de homologías:

- (1) semejanza de desarrollo y posición
- (2) congruencia
- (3) conjunción de homologías iterativas o repetidas de las mismas estructuras en un individuo.

La *semejanza* es percibida como apariencias globales de estructura y posición en diferentes organismos. La *congruencia* identifica la homología con caracteres derivados compartidos a partir de un antecesor común exclusivo. La *conjunción* es el arreglo congruente de estructuras o características dentro de un mismo organismo. El criterio (2) es el más robusto, siempre y cuando se encuentre asociado con una hipótesis explícita de relaciones filogenéticas. Los criterios (1) y (3) resultan en homologías como consecuencia de la realidad de (2). Patterson realizó una distinción entre homologías *primarias* y *secundarias*. Las homologías primarias son hipótesis *a priori* de congruencia de caracteres, mientras las secundarias son sinapomorfías, determinadas con un conocimiento ulterior de la topología y distribución de caracteres en un cladograma. Por supuesto, las sinapomorfías son caracteres compartidos que se asumen descienden de un antecesor común y exclusivo de los taxones que ostentan el carácter.

Bolker y Raft (1996) disciernen la homología como aquellas características que comparten un origen evolucionario común y una comunalidad estructural subyacente, resultante de una continuidad de información. La continuidad de información la interpretamos como la pertenencia a un mismo linaje. Y una hipótesis de relaciones filogenéticas entre los taxones involucrados es esencial para la distinción de homologías. Elusión definitoria aparte, es evidente que el consenso consiste en asociar a la homología con la comunalidad de ancestría común. Bolker y

Raft emiten otro criterio: la homología es un concepto absoluto, o se es homólogo o no se es homólogo. No es posible ser parcial o incompletamente homólogo. Desde este punto de vista, la consideración de Patterson acerca de homologías primarias o secundarias no tiene mucho sentido.

Eggleton y Vane-Wright (1994), en primera instancia, distinguieron la homología sobre la base de la conjunción, semejanza en topología y congruencia, sin tener en cuenta las relaciones genealógicas. Sin embargo, posteriormente reconocieron la importancia de éste último criterio. Por su parte, Collazo (2000) realza la homología como concepto fundamental para la sistemática y la biología comparada en general. Este autor, al igual que Bolker y Raft, utiliza la homología en el sentido de semejanza por continuidad de información y delinea su naturaleza dual, expresada en: (1) semejanza y la naturaleza de esa semejanza. (2) continuidad de información a través de la evolución. En lo fundamental, Collazo expresa el mismo criterio de Patterson, pero delimita que la naturaleza de la semejanza en las estructuras homólogas es de carácter evolucionario. Nos parece importante circunscribir dicha semejanza, no respecto a su manifestación congruente, sino referida en términos de relaciones entre componentes.

Por ejemplo, en algunos grupos de vertebrados distinguimos órganos con un patrón peculiar de forma, estructura y función, al cual denominamos *alas*. Los grupos que exhiben estos patrones son conocidos como aves, murciélagos y pterosaurios. Las alas posibilitan, entre otras cosas, la acción de volar a dichos organismos; pero estas alas no son estructuras homólogas. Las alas las apreciamos como patrones congruentes en un espacio integrado de forma y función; pero eso no las hace homólogas ontológicamente. Aves, pterosaurios y murciélagos descienden de antecesores comunes muy lejanos y divergentes en el tiempo. Si observamos con detenimiento, reparamos de inmediato que las “alas” de los murciélagos son simples pliegues cutáneos extendidos entre los dedos, excepto el pulgar, los miembros delanteros y el costado del cuerpo. Las alas de los pterosaurios constituyen un pliegue extendido entre un desmesurado dedo “meñique” y el cuerpo. Las alas de las aves

conforman estructuras más sofisticadas, que involucran profundas modificaciones en los huesos que las soportan y se encuentran revestidas por plumas, las cuales también son una exquisitez emblemática de las complejidades de la evolución de la vida.

Las “homologías” entre las alas de las aves y los pliegues epidérmicos de los murciélagos y pterosaurios, no se encuentran en las estructuras que permiten el vuelo y que nos parecen semejantes y congruentes, en otras palabras, no son las “alas”. Tales homologías se identifican en los componentes óseos que estructuran los miembros anteriores, no sólo de estos tres grupos de vertebrados, sino de todos los vertebrados sin excepción. Estos componentes se heredaron como caracteres derivados compartidos del antecesor común de todos los vertebrados terrestres, ubicado entre los “peces” crosopterigios. La semejanza o congruencia homóloga es aquella debida exclusivamente a la ancestría común (Kitching *et al.*, 1998; Eldredge y Cracraft, 1980; Gould, 2002). La semejanza no heredada no está relacionada con la homología. La definición debe ser estrictamente filogenética. Bolker y Raft (1996) enfatizan que para este tipo de congruencia existe un término, *homoiología*: estructuras no-homólogas derivadas de precursores ancestrales homólogos. La homología es contextual, se refiere a un nivel biológico específico. Las estructuras no-homólogas pueden comprender elementos homólogos en un nivel subyacente de organización biológica, como es el caso de las alas en diferentes grupos de vertebrados.

Las características, o los estados o condiciones de una característica, son homólogas si se han originado de la misma característica o condición del antecesor común inmediato de dichos organismos. La similitud o congruencia es un criterio preliminar, pero tiene que ser contrastado mediante evidencias de un origen común. Desde el punto de vista filogenético, una homología es una sinapomorfía, es decir, un carácter compartido entre dos o más organismos, el cual ha sido heredado de un antecesor común inmediato para dichos organismos. Las homologías heredadas de un antecesor común más lejano en el tiempo que el antecesor común inmediato, son

simplesiomorfías. Estas homologías son externas al nivel focal de indagación. Las “alas” de los murciélagos son homólogas entre sí, al igual que las alas de los pterosaurios eran homólogas entre todos los pterosaurios que existieron, y las de las aves son homólogas para todas las aves. Entre aves, pterosaurios y murciélagos, dichas “alas” son simplemente patrones congruentes de estructura y forma.

Es usual emplear el término de “analogía” o “análogo” para estos casos, en el sentido que las estructuras desempeñan una función similar. Sin embargo, el término “función similar o análoga” podría, con toda la mayor legitimidad del mundo, significar diferentes cosas para diferentes observadores. De hecho, Bolker y Raft advierten que la homología no está asociada necesariamente con la función. Preferimos el término *congruencia*, con su también legítima consustancialidad subjetiva. Las semejanzas no-homólogas (análogas) son interpretadas en términos de constreñimientos y canalización en el desarrollo, y de relaciones relativamente invariantes entre organización y componentes estructurales, todo lo cual provoca la emergencia de estructuras semejantes o congruentes. Los organismos que necesitan cazar, desgarrar y desmenuzar a otros organismos para alimentarse, poseen siempre estructuras análogas, ya sean en forma de reforzamientos citoplasmáticos, dentículos quitinosos o dientes de diversa índole.

Toda la vida es homóloga entre sí, respecto al origen y composición de los componentes básicos de su organización y estructura. Las complejidades del desarrollo y la evolución hacen emerger las analogías, fraguadas en un molde común, y a la vez increíblemente diverso, de interacciones dinámicas entre invariantes y constreñimientos de organización, estructura y forma, así como entre eventos de azar y contingencia. Pero, insistimos, las semejanzas o congruencias paralelas que existen como resultado de constreñimientos y canalización de trayectorias de desarrollo y/o azar, no por el origen común compartido de esos constreñimientos y contingencias, *nunca serán homologías*, indicadores de historia común heredada. La autoorganización de estas formas paralelas forma parte de una dinámica embebida en un nivel de interacciones mucho más global e inclusivo que el nivel focal de

cualquier análisis en específico.

La equivalencia entre trazo panbiogeográfico y homología tiene su raíz en el pensamiento de Croizat. Según Seberg (1986), para Croizat, los trazos son analogías, y las “analogías que son suficientemente repetitivas llegan a ser homologías, y las homologías que están constantemente con nosotros tienen aproximadamente el status de auténticas pruebas científicas”. Las analogías, no importa cuán repetitivas puedan ser, *no son homologías*. Un hecho repetitivo no transforma mágicamente un tipo específico de fenomenología (analogía) en otra fenomenología distinta (homología). Epistemológicamente, lo repetitivo conduce a la obtención de inferencias generales, a lo inductivo. Por su parte, los biogeógrafos cladistas y los panbiogeógrafos ubican a sus respectivas prácticas, entre lo cual se encuentra uno de sus méritos legítimos asumidos, dentro de la ciencia hipotético-deductiva, donde la inducción es rechazada, por ser considerada algo así como un estadio primitivo y poco fundamentado de hacer ciencia. O simplemente representa la afirmación de una acumulación de hechos sin validez científica.

Nelson (1994) expuso: “Es necesario un equivalente biogeográfico de homología. En biogeografía cladística, la homología son distribuciones congruentes de taxones, como en sistemática las homologías son caracteres congruentes de taxones”. En párrafos anteriores nos referimos y documentamos que la congruencia, para ser homóloga, debe estar asociada con un origen común, con historia común. Craw *et al.* (1999), proponen una “lógica espacial”, en el sentido de una congruencia entre forma, distribución espacial y asociación. No obstante, reconocen una homología espacial, designada por un carácter “diagnóstico” como una línea de base. En sus palabras, la línea de base se interpreta como una homología espacial uniendo trazos que de otra manera no fueran congruentes. Para Grehan (2000), la línea de base representa caracteres especiales de homología en biogeografía. Si la homología espacial se designa por una línea de base y esta representa la homología espacial, entonces la homología espacial deviene un concepto circular.

Al igual que Nelson, Morrone (2000) trata de homólogos espaciales a los taxones pertenecientes a un mismo trazo generalizado, es decir, a taxones que exhiben una distribución espacial congruente. En línea coherente, Llorente y Morrone (2001) admiten que la superposición o congruencia entre áreas de distribución o entre patrones de distribución disyunta, conduce a un tipo especial de homología: *la homología espacial u homología biogeográfica*. La congruencia en el patrón de disyunción o de discontinuidades espaciales constituye indicios de homología biogeográfica. Esta distinción no es trivial. La homología es un concepto comparativo que implica origen común. Si los trazos generalizados representaran homologías biogeográficas, entonces tendrían contenido histórico.

Morrone (2004, 2005) distingue entre homología primaria y homología secundaria. Las *homologías primarias* se refieren a conjeturas sobre historia biogeográfica común, la cual implica que diversos taxones, *aun teniendo medios de dispersión diferentes*, se hallan integrados espacio-temporalmente en una misma biota. Así, los *trazos generalizados* constituyen *hipótesis* sobre homología espacial primaria. Las *homologías secundarias* se refieren a la contrastación cladística de las homologías primarias, es decir, a la postulación de hipótesis de relaciones entre áreas con métodos cladísticos. Nelson (1994) y Bolker y Raft (1996) coinciden en este punto: las homologías son hipótesis que deben visualizarse en un contexto de relaciones filogenéticas. Nelson subraya: “Taxones y homología no son directamente revelados, sino productos de un método de análisis... Los criterios de homología son útiles para organizar los resultados para corroborarlos o refutarlos por el cladograma que mejor se ajuste a los datos”.

En resumen, Morrone da a entender que la congruencia espacial, trazos u homología primaria no indican necesariamente homología espacial, sino más bien la posibilidad de que dicha congruencia constituya homología espacial, lo cual es necesario someter a prueba. Un criterio más concluyente sería comprobar la posible congruencia de la historia filogenética entre taxones que muestran una distribución espacial congruente. Esa doble congruencia sería la homología secundaria o

“verdadera” homología espacial, es decir, la congruencia de historias filogenéticas en un espacio biogeográfico ancestral común.

En este punto, basándonos en la misma cautela de Morrone, distinguimos una sutileza. Si las homologías primarias no representan más que conjeturas de homología, y estas conjeturas se construyen sobre la base de congruencias espaciales, ¿por qué llamarles *homologías primarias* si no son más que conjeturas sobre homologías? ¿Es correcto endilgar a una conjetura o especulación sobre algo el nombre propio de ese algo sobre el cual estamos conjeturando para someterlo a una prueba más rigurosa? De este modo asumimos, en la premisa probable de un fenómeno, el fenómeno mismo. Bolker y Raft (1996) manifiestan que las homologías, o son homologías, o no lo son en lo absoluto. Por ejemplo, Hunn y Upchurch (2001) no aluden a *homologías* cuando se refieren a la congruencia espacial, sino sencillamente denotan el término *congruencia*.

Hunn y Upchurch (2001) comentan, “La historia evolucionaria representa una serie de eventos en el tiempo y el espacio. La filogenia resulta de la interacción compleja entre eventos *extrínsecos* (geología, ecología, geografía) e *intrínsecos*: mutación, conducta y dispersión... Los patrones espaciales pueden ser interpretados en términos de causalidad. La causalidad en sí misma puede ser definida como el evento o eventos que produjeron el patrón observado. Los eventos causales tienen locación en el tiempo y el espacio, con independencia de que sean extrínsecos o intrínsecos. Los métodos biogeográficos actuales son defectuosos por no incorporar los datos temporales como constreñimientos adicionales a sus algoritmos”. De este modo, la *congruencia espacial primaria* consistiría en relaciones de áreas repetidas, mientras la *congruencia espacial secundaria* estaría referida a causalidad común extrínseca. Si la congruencia espacial se encuentra asociada con diferentes eventos causales, entonces no entraña una congruencia secundaria. Los eventos causales responsables de la congruencia espacial primaria no necesitan estar conectados. Por otra parte, la causalidad común podría manifestarse como un evento causal único, o como eventos causales diferentes, pero siempre congruentes.

Hunn y Upchurch confiesan la analogía de estas distinciones con las de Patterson (1982), respecto a las homologías vistas con anterioridad. Así, patrones replicados en la distribución espacial de los taxones representan congruencias primarias porque su semejanza justifica la hipótesis inicial de causalidad debida a los mismos eventos extrínsecos. La congruencia secundaria es identificada, por analogía con las sinapomorfías, al analizar cada aspecto de la distribución a la luz de los eventos implicados en el cladograma de áreas. Ello pudiera revelar que diferentes eventos extrínsecos están asociados a un patrón de distribución congruente. Plasmado de otra manera, significa que diferentes eventos intrínsecos han engendrado de manera independiente una semejanza entre patrones no debida a historia común. Tales patrones espaciales no serían “homólogos”, sino “homoplásicos”. En conclusión, la homología-congruencia/primaria es una *interpretación a priori* y la homología-congruencia/secundaria es una *interpretación a posteriori*. Y la articulación entre ambas interpretaciones resulta necesaria para la comprensión de los fenómenos de congruencia espacial.

Para Morrone (2000), la homología espacial consiste en ordenar los taxones bajo estudio en diferentes conjuntos (trazos generalizados), *de acuerdo con su origen biótico*. Por su lado, Grehan (2001b) afirma que la homología biogeográfica es distribución taxonómica congruente. Sin embargo, el origen biótico no es inferible, por sí mismo, a partir de la congruencia espacial. El propio Grehan, en *Craw et al.* (1999) así lo expresa, “La locación presente de los organismos es el resultado, no el origen, de su historia biogeográfica”. En su criterio de homología, Wagner (1989) menciona como condicionantes el compartir un conjunto de constreñimientos del desarrollo, causados por mecanismos actuando localmente.

Pensamos que la congruencia espacial entre taxones diferentes está muy relacionada con esta idea, pero en el sentido de constituir dicho patrón común de distribución una emergencia a partir de constreñimientos locales semejantes. Sin otras evidencias, la congruencia espacial no debe ser tomada como prueba de origen espacial común. De otra manera, el concepto de trazo como homología es fenético,

no genealógico, según reconocen Humphries y Parenti (1999). Desde nuestro punto de vista, la homología espacial debe estar asociada no sólo con congruencia espacial, sino con evidencias de origen espacial común para el grupo de taxones involucrados en la conjetura de homología espacial.

Mayden (1991) no tolera el reconocimiento de homologías biogeográficas sin la información basada en una hipótesis explícita de relaciones filogenéticas. “Si la homología involucra la geografía, entonces se debe demostrar que la geografía es una medida de descendencia histórica y es congruente con otras fuentes de derivación de datos... Es necesaria la información filogenética para comprender el significado evolucionario de los trazos... Los grupos utilizados en los trazos son necesariamente homólogos sólo si sus relaciones y distribución son el resultado de eventos y procesos comunes, y si los taxones son monofiléticos (holofiléticos). La distribución de los taxones no está necesariamente constreñida filogenéticamente. La proximidad geográfica sin información adicional no es suficiente para indicar relaciones genealógicas, indicadoras a su vez de homologías”.

Espinosa *et al.* (2002) no pueden evitar cierta cautela al respecto: “Debe evaluarse si estos patrones de homología (los trazos generalizados) son naturales. La congruencia de diferentes métodos le otorga una base a los patrones para considerarlos naturales”. Reconocen, como sucede con las relaciones filogenéticas, que el compartir caracteres (o congruencia espacial: compartir trayectorias espaciales o áreas) no se corresponde necesariamente con la descendencia de un antecesor común. En este caso, el “antecesor común” sería un área ancestral común. Lo incongruente es que los panbiogeógrafos no aceptan “áreas ancestrales”, a las que igualan con el concepto de “centro de origen”, con sus ominosas emanaciones metafísicas de reduccionismo puntual, de delimitación indeterminada y de connotaciones espaciales siempre divergentes. El centro de origen es también un concepto matemático clásico y lineal. Y así lo definió Euclides: “Un punto es aquello lo cual no tiene partes.... Dado cualquier punto como centro, y dado cualquier radio, un círculo puede ser trazado”.

Heads (2005a) cita a Nietzsche, “Los orígenes no son puntos únicos de partida, sino intersecciones complejas y ramificadas de fuerzas múltiples”. Y también coteja a Derrida, “La representación de un punto de origen puede ser inatrapable. Existen cosas como lagunas reflectoras e imágenes, una referencia infinita de una respecto a la otra, pero de ningún modo una fuente, un apareamiento. Ya no existe más un único origen”. Coincidimos a plenitud con las reflexiones de esos filósofos. Vemos en ello una imagen de los procesos coevolutivos, a la simbiogénesis, con su sugerente connotación de intersección y fusión de historias diferentes que se hacen únicas, para luego dar origen a otras formas de vidas más complejas. Y todo ello ocurriendo en coordenadas espacio/temporales tal vez no deslindables con precisión, pero no alienadas tampoco de espacios y tiempos delimitados. Sin embargo, sentimos que la interpretación de Heads tiene que ver con el origen múltiple de taxones y caracteres enajenados los unos con respecto a los otros.

Heads postula que la especiación *siempre* ocurre dicopátricamente, es decir, por vicarianza. Con este enfoque, desestima o ignora otros posibles procesos, como pudieran ser la simbiogénesis o la diferenciación por aislamiento ecológico o geográfico debido a la dispersión hacia un área nueva para un taxón determinado. La panbiogeografía sólo admite la especiación ocurriendo en un frente amplio geográfico. Los antecesores siempre se encuentran más distribuidos. Esta perspectiva engendra un reduccionismo invertido, es decir, un reduccionismo holístico. Por supuesto, el escape de esta paradoja estriba en el asumir ciclos ordenados de expansión y contracción. Una distribución amplia deviene de una distribución previamente escuálida. Los panbiogeografos más mesurados no dicen nada acerca del tamaño de esas áreas. Las áreas vicariantes pueden ser tan enormes o tan diminutas como uno sea capaz de imaginar. ¿Pero acaso las áreas dónde ocurre la especiación no son las áreas ancestrales de las nuevas especies?

El concepto de centro de origen implica que los organismos, como tendencia, no se encuentran donde se originaron, sino que provienen de un lugar de origen

generalmente indeterminable, lo cual hace tenebrosa la comprensión de las áreas de endemismo. Pero ninguna de estas incongruencias es necesaria para conceptualizar “áreas ancestrales”. Si concebimos la homología biogeográfica como una hipótesis acerca de una realidad ontológica, entonces tenemos, necesariamente, que aceptar la existencia de áreas ancestrales comunes, en las cuales se desarrollan las homologías espaciales-biogeográficas. Para ello, debemos, también necesariamente, contar con una epistemología y una práctica capaces de guiarnos en nuestras operaciones de descubrimiento y comparación. Lo que nos resulta inaceptable es asimilar la realidad de homologías biogeográficas y a la vez rechazar conceptos que impliquen el propio origen espacial constreñido, que no puntual, de dichas homologías.

Ciertas posturas extremas en relación con la dispersión reducen y delimitan la expresión de los eventos dispersivos a partir de centros de orígenes y geografías estables, además de asociarlos con mitos sobre la creación (Espinosa *et al.*, 2001). Martín-Piera y San Martín (1999) alegan que la evolución tiene lugar en unas coordenadas de tiempo y espacio. Es muy improbable la aparición de un nuevo taxón al mismo tiempo a lo largo de toda el área del ancestro y así, declaran prudentemente, “puede ser necesario reconocer determinadas áreas como puntos de partida”. Coincidimos con ello. Dichas coordenadas serían el área ancestral del taxón. Si el discurso dominante de los biogeógrafos contemporáneos es el de la integración epistemológica de la evolución de la forma en el espacio y el tiempo, resultaría incoherente no aceptar la existencia de áreas ancestrales restringidas. Ello equivaldría a la aceptación de su alternativa: el origen de los taxones en un frente espacial ilimitado. Y esta aquiescencia le otorgaría a los taxones una categoría metafísica, la de clase, no la de una ontología individual natural.

Centro de origen y área ancestral no son conceptos equivalentes. El concepto de centro de origen involucra una simetría espacial puntual de origen y una periferia distribucional correspondiente. No existe ningún conjunto de ideas congruentes y consistentes que permitan postular hipótesis con valor predictivo-

retroductivo al respecto. Un área ancestral es una hipótesis sobre la probabilidad de que en un área dada haya comenzado la evolución de un taxón. Las evidencias siempre van a ser circunstanciales. Martín-Piera y San Martín alertan contra el tomar las áreas actuales como áreas ancestrales. Éstas no tienen que ser necesariamente donde se encuentran los taxones más primitivos del grupo, pues debido a la dinámica cambiante de las condiciones ambientales, las especies cambian su locación espacial. Por otra parte, si un taxón sólo ocupa un área restringida, y dicha área se encuentra bien delimitada en el espacio geográfico por accidentes geomorfológicos y/o climáticos, es razonable asumir que en dicho espacio se originó el grupo en cuestión. La hipótesis es susceptible de refutación si se obtienen evidencias que revalorizan la posición basal del taxón en cuestión, o si este se encuentra (o se encontraba) distribuido en otras áreas.

La asunción de que toda distribución actual es un fragmento de una más antigua y el considerar para cada taxón actual una distribución pretérita más amplia, si no el taxón en cuestión, al menos su antecesor más inmediato, no constituye una hipótesis, sino un dogma. Las presuntas áreas “centrales” o “marginales”, sobre la base de centros de masa o conceptos por el estilo son meros artilugios de la imaginación de los pensadores. Las especies de un taxón, o las poblaciones de una especie, pueden ser pletóricas o paupérrimas en determinados espacios de la distribución geográfica de dicho taxón o especie. Pero ello no se encuentra necesariamente relacionado con centros de orígenes, periferias distribucionales o la edad filogenética de los taxones, sino que pudiera ser una indicación de la en-acción de factores ecológicos, climáticos y genéticos.

No existe ninguna razón para suponer que todos los ancestros son indeterminados y ampliamente distribuidos. Ello no es una necesidad lógica biogeográfica. Si los trazos siempre constituyeran una indicación de biotas ancestrales ampliamente distribuidas y luego fragmentadas, entonces no sería posible la determinación de homologías. No sería posible determinar la ancestría espacial compartida. Si la biogeografía pretende realizar una integración dinámica

de la forma biológica en el espacio y el tiempo, debe tener en cuenta que los linajes son sistemas de poblaciones, que han tenido un origen en el tiempo, que exhiben un desarrollo en el espacio en el tiempo actual, y que las extinciones también tienen coordenadas espacio-temporales. Los linajes y las especies no son clases, sino sistemas individuales. Por lo tanto, tienen coordenadas espacio/temporales de origen, desarrollo y eventual extinción: tienen límites en el espacio y el tiempo.

Seberg (1986) cataloga a los trazos generalizados de conceptos útiles, al señalar áreas de investigación donde es necesario un esfuerzo más riguroso. Platnick y Nelson (1988), aun cuando definen la homología espacial en términos de congruencia en la distribución, estipulan, “Los trazos no tienen que ver nada con la historia, sólo con proximidad geográfica actual”. Mayden (1991) reafirma la idea: los trazos descubren relaciones bióticas generales. Para este autor, “la derivación más importante de la panbiogeografía es el concepto de trazo y el potencial teórico del mismo para revelar relaciones bióticas generales. Los trazos permiten descubrir la existencia de patrones espaciales replicados aun en grupos con diferentes habilidades dispersivas. Pero es necesaria la información filogenética para comprender el significado evolucionario de los trazos”. De acuerdo con *Craw et al.* (1999), el trazo, en sí mismo, no es informativo en cuanto a los eventos y procesos que lo generaron.

Desde nuestro punto de vista, un trazo, ante todo, constituye una trayectoria de la forma en el espacio y el tiempo; un trazo es una *trayectoria infodinámica representada espacialmente*. Dicha trayectoria visualiza un patrón de evolución biogeográfico. Un trazo generalizado entonces, perfila un patrón de congruencia espacial entre trayectorias infodinámicas. La representación de una trayectoria en un mapa es tan sólo un grafo acontextual. La distinción del contexto espacio-temporal es una operación *a posteriori* del observador. Un trazo debe interpretarse dentro de un contexto de cambios en el espacio geomorfológico, en el sistema climático, en la estructura de los paisajes, en las relaciones ecológicas y en el movimiento espacio/temporal de los organismos.

En el criterio de Salthe (1996), la información interpretada a partir de cualquier configuración o patrón alude o sugiere causa formal en lugar de material y causa final con preferencia a la eficiente. Un patrón o configuración lo distinguimos como expresión representativa de una fenomenología, de un conjunto de formas en un espacio substrato. El patrón no es informativo de causas eficientes o materiales, las cuales subyacen en la dinámica de la cual ha emergido la forma que distinguimos mediante nuestras operaciones de descubrimiento. Las causas eficientes y materiales de la evolución y el desarrollo se encuentran determinadas por las relaciones entre la estructura y la organización de los organismos en su contexto ecológico, son autorreferenciales. Sin embargo, una representación geométrica de la trayectoria espacial de una entidad infodinámica sólo nos configura una forma extendida en un espacio específico. Nos muestra hasta donde los taxones han desarrollado su “finalidad” espacio/temporal.

Los trazos no sólo constituyen herramientas útiles para la biogeografía; su cualidad de *grafos* se encuentra avalada por consideraciones aún más heurísticas. Por ejemplo, Salthe (1996) expone: “Cada individuo es único, aun en su vaguedad, por las interacciones que los cambian... A cada individuo se le puede trazar un contorno, línea o mapa”. Por su lado, Thom (2000) discurre: “Comprender quiere decir pues, ante todo, *geometrizarse*. Pero recurrir a la geometría es también recurrir a cierta forma de abstracción, de idealización... Sólo los conceptos que se pueden geometrizarse y llevar al espacio/tiempo son susceptibles de universalización y, por lo tanto, de cientificidad. Se podría proceder de una manera, por así decirlo, inferencial. La cientificidad de un concepto se comprueba en la posibilidad de su descripción mediante una determinada forma geométrica en un espacio substrato”.

En resumen, un trazo sería nada menos que la materialización, en calidad de representación científica, de la forma biológica, en tanto trayectoria espacio/temporal, en cuanto a su condición de entidad evolucionaria en el espacio y el tiempo, en su espacio substrato, el espacio biogeográfico. Esta relación es tan cristalina, que propicia el regodeo con la simplicidad de la lógica silogística: *la geometría es ciencia/el trazo es geometría/el trazo es ciencia*.

MOVIMIENTO, DISPERSIÓN Y CATÁSTROFES

Grehan (2003) opina que la historia de la biogeografía ha estado dominada por la visión victoriana de movilidad, dominancia y colonización. Pero resulta axiomático que la idiosincrasia victoriana se asocia de manera abrumadora con el orden del conservadurismo, el equilibrio y la inmovilidad del *status quo*, no con lo dinámico y lo cambiante. Como rememora Salthe, mucho del discurso en la ciencia ha sido el del equilibrio, incluyendo la teoría sintética de la evolución. La especiación, en el modelo alopátrido dominante, es la resultante del cambio ambiental externo con la disminución o desaparición del flujo genético entre poblaciones separadas espacialmente. Desde esta perspectiva, el origen de una nueva forma de vida es el resultado de fluctuaciones al azar que interrumpen un equilibrio establecido. La selección natural encarna el espíritu newtoniano; mantiene el *status quo*, a menos que se perturbe por cambios en presiones externas de selección. La visión de científicos victorianos, como el propio Darwin y el geólogo Lyell, era la de la uniformidad y el gradualismo. Al respecto, Thompson (1989) nos dice, “En la visión de Lyell, la naturaleza se comporta como un caballero inglés: no hay ningún trastorno vulgar o repentino que alterase el orden natural del progreso hacia la perfección a través de la ciencia y la razón”.

Lo novedoso es lo no-precedente, lo impredecible; en otras palabras: es lo discontinuo y lo emergente, y la emergencia no late en el discurso victoriano. La selección natural, acogida y aplaudida por los victorianos y adoptada naturalmente por el sistema, establece que la novedad es un resultado de transformación potencial de un estado precedente y predecible estadísticamente. Por ejemplo, los primates son un resultado de la transformación de insectívoros primitivos. El discurso emergente lo ilustraría como algún tipo de emergencia impredecible, relacionada con un sistema articulado, pero no determinista, de contingencias del genoma y del ambiente en la biosfera en un tiempo dado. De esta manera, podríamos asumir la

materialización de un evento único sobre el planeta. Y con un evento así, en la opinión de Salthe, nos hemos proporcionado *un sentido de la historia*. Nos parece que una perspectiva biogeográfica donde sólo parezca válido la ocurrencia de ciclos concertados de movi­lismo e inmovi­lismo masivos, y aparezcan los mismos taxones de manera múltiple, oscurece el recobrado histórico de los patrones de distribución de la vida.

Ebach *et al.* (2003) endosan, “Nada en el mundo real demanda que taxones ampliamente distribuidos tengan tal distribución causada por dispersión”. La sentencia anterior significa que el patrón de marras pudo ser consecuencia de éstasis después de vicarianza. En el discurso de Heads (2005a, b) se reitera la misma idea. Aunque existan evidencias sugerentes de diversas alternativas (siempre circunstanciales, tanto para hipótesis de dispersión como para la de vicarianza), debe rechazarse la hipótesis sobre dispersión. ¿Por qué no demandar que un patrón amplio de distribución es resultado de dispersión? Mejor aún, ¿por qué no aceptar cualquiera de las posibilidades, pero escogiendo la más racional de acuerdo con las evidencias y el contexto específico?

Tal visión de la biogeografía deviene dicotomía inarticulada e inarticulable, no dinámica interaccional. Es una cosmovisión de la identidad en cuanto a diferente y excluyente, no de la identidad como diálogo entre lógicas y dinámicas enantiomórficas (opuestas), como propone Thompson (1989). La percepción alternativa nos muestra una fenomenología biogeográfica a la manera de trayectorias morfológicas que *viven y habitan* cada una sus propias historias. Lo interesante es reconocer la existencia de patrones comunes, no emergiendo necesariamente a partir de causas comunes, sino por la articulación de las diferentes dinámicas involucradas. La perspectiva del predominio y el coloniaje de ideas no articulantes, sino excluyentes, aproximan estas posiciones extremas de la biogeografía de la vicarianza a la idiosincrasia victoriana, contrario a lo que postula Grehan. Como Salthe lo consigna, toda teoría científica es un discurso lógico, pero no una fórmula lógica.

La polémica *dispersión-vicarianza* está centrada no en negar el movimiento de los organismos (eso lo aclara Heads, 2005a), sino en el carácter concedido al *movimiento espacial de los organismos*. A través del Capítulo, hemos observado que la ortodoxia extrema panbiogeográfica concibe el movimiento geográfico de manera ordenada bajo ciertas condiciones globales, llamada “fase de movilismo”. Aún así, Croizat (1973) estipula, “Parece obvio que el movimiento físico debe ser el medio por el cual la distribución biótica es formada, pero, paradójicamente, el movimiento tiene poco que ver en el proceso, el cual depende más de la evolución”. No somos capaces de concebir una dinámica evolucionaria ajena al movimiento espacial. No nos parece que suceda en el mundo real. El mundo real es uno de inquietos e impredecibles flujos y redes de materia, energía, intercambios e interacciones entre organismos en el tiempo, el espacio y el sentido; y todo ello en movimiento.

El movimiento es tan connatural a los organismos como lo son el espacio, el tiempo, la forma y el sentido. Todo ser vivo es una trayectoria, un flujo infodinámico; es una forma que se mueve o fluye con un sentido particular en el espacio y el tiempo. Harrison (1993) lo precisa: “la forma es una manifestación del movimiento”. La noción de movimiento es tan absoluta y omnipresente, que aun aquellos fenómenos cuya ubicación en un espacio o tiempo dados son cuestionables, no escapan a la dimensión del movimiento, como son los sueños o muchos eventos subatómicos. Kull (1999) califica al movimiento biológico de movimiento activo en el espacio, el cual ocurre cuando el individuo reconoce o discrimina algo. El movimiento biológico es una emergencia inevitable de la autorreferencialidad de los organismos, del flujo de información, de sus propiedades infodinámicas.

Atributos como la conducta territorial, simbiosis y agregación han sido de manera clásica adjudicables a la selección natural, por sus efectos beneficiosos para los organismos. Sin embargo, Kull propone que todo ello podría muy bien ser resultado automático de algunas características muy simples y generales de la dinámica local de los organismos. La movilidad según sugiere Kull- tiene que ver

con elementos que accionan como atractores y repulsores (un individuo no se mueve hacia el ambiente de al lado si éste le resulta repulsivo). Es decir, el movimiento se encuentra relacionado con el sentido. El espacio biológico (que es un espacio también biogeográfico) es así una emergencia del movimiento activo, del sentido, de los procesos de cognición y, por consiguiente, de la autorreferencialidad de los sistemas de seres vivos, y de los efectos de los eventos al azar sobre los mismos.

Hengeveld (1992) hace énfasis en la movilidad de los organismos: “Evolución es cambio, pero no sólo cambio al azar, sino cambio para sobrevivir. Tiene poco sentido estudiar patrones y procesos biogeográficos como si fueran generados o mantenidos en aislamiento del ambiente de las especies, en vez de reflejarlo. La distribución de las especies puede ser enfocada desde el punto de vista de sus propiedades idiosincrásicas, las que ayudan a su supervivencia en lugares particulares de la tierra, pero no en otros. Lo que debe describirse son los procesos de *adaptación espacial* de cada especie. *El espacio geográfico refleja el comportamiento de una especie*”. Hengeveld (1997) retoma el tópico: “A escala ecológica, las especies son rígidas, sólo es adaptable una pequeña parte de su genoma. Si el ambiente tiene tendencias, el único modo de sobrevivir es rastreando sus condiciones de hábitat en el espacio. Todas las especies tienen que ser geográficamente dinámicas, aunque su dinamismo dependa de su flexibilidad fenotípica específica... Todas las especies tienen su ámbito de expansión específico. Las especies rastrean sus condiciones preferidas en el espacio, por ser (las especies) relativamente rígidas”.

Lobo (1999, 2000) desarrolla un argumento similar: “Como el ambiente abiótico está en no-equilibrio, la respuesta de las especies es la dispersión. Las especies exhiben una respuesta individual ante los cambios ambientales con velocidades de dispersión diferentes y sin existir una tendencia uniforme en la dirección del movimiento. Las comunidades son asociaciones provisionales de especies que resultan de la yuxtaposición de taxones con distintas historias evolutivas. No existen condiciones de equilibrio ideales entre las distintas especies que la componen. Si las especies son relativamente rígidas genéticamente (ello es

congruente también con el modelo de los equilibrios puntuados, donde observamos que las especies cambian muy poco durante la mayor parte de su existencia), entonces la respuesta más eficaz ante los cambios ambientales es variar espacialmente su distribución geográfica, en búsqueda de un acoplamiento ecofisiológico en aquellos enclaves que reproducen las condiciones ambientales para las que está adaptada”.

Las reflexiones anteriores conciben la dispersión como un movimiento *en respuesta a algo, a alguna causalidad eficiente*, discriminada e interpretada por la autorreferencialidad de los organismos en interacción con sus ambientes, pero la noción subyacente del *diálogo*, de lo contextual y lo individual es evidente. Sin embargo, los ciclos masivos ordenados y concertados de movilismo-inmovilismo panbiogeográficos son nítidamente newtonianos. No sólo organismos individuales, sino grupos enteros de taxones son tratados como objetos, cuyo movimiento o no-movimiento se acopla de manera sincrónica y global por la acción o ausencias de determinadas fuerzas o situaciones ambientales. La distribución se desarrolla como el movimiento de un gran reloj mecánico. En ambas concepciones el movimiento depende de una causalidad externa, pero en la perspectiva no-panbiogeográfica los organismos son sujetos interaccionantes, mientras en la panbiogeográfica (al menos en posiciones extremas) son objetos pasivos. Y en ninguna de estas perspectivas se contempla el movimiento como resultado pasivo-activo de intersecciones causales independientes, es decir del azar.

De manera concluyente, Heads (2005a) expresa que la discusión dispersión-vicarianza es irrelevante. Ciertamente, plantas y animales se mueven y pueden expandir sus rangos, pero esto último ocurre sólo durante períodos de movilismo. Por el contrario, los “centros de forma” vicariantes solo ocurren durante periodos de inmovilismo, cuando grandes bloques de flora y fauna son relativamente sésiles. Por ejemplo, muchas veces se asume que las aves “deben” dispersarse, pero los registros de distribución, con endemismo y vicarianza masiva a todos los niveles, muestran que eso no es cierto. Heads (2005a, b) enfatiza en el caso

de las aves del paraíso de Nueva Guinea, ausentes de los archipiélagos y el continente cercano. Tal observación es certera para ciertos contextos, pero ello no es necesariamente cierto en otros. Por ejemplo, en las Antillas la proporción de endemismo de la avifauna es el más bajo de todos los vertebrados, seguido por el de los murciélagos. Estos son justamente los grupos donde se “espera” que ocurran los niveles más bajos de endemismo, según muestra la siguiente relación de la Tabla 1.

El patrón de endemismo relativo para cada isla de las Antillas Mayores y el conjunto de las Bahamas entre aves y libélulas es semejante. Es ampliamente conocido que en estos grupos existe una gran proporción de especies migratorias, es decir que se desplazan mucho de manera recurrente, y no responden a fases de “movilismo” o “inmovilismo” ambiental, sino, en última instancia, “autorreferencial”. En contraste, el endemismo en mariposas es mucho más elevado, según se muestra en la Tabla 5. 2. Cuba tiene un 14% de su fauna de mariposas exclusiva del archipiélagos, mientras que sólo, 7% de las especies de Odonata son endémicas de este territorio insular y 6% en el caso de las aves. Para el resto de las antillas Mayores y las Bahamas el patrón es semejante, lo cual aparenta ser una consecuencia de la mayor movilidad de las libélulas y las aves en relación con las mariposas, en sentido general.

Tabla 5. 1. Características de la diversidad y el endemismo de vertebrados terrestres antillanos según Hedges (2001).

Taxones	Especies totales	Especies endémicas	% de Especies endémicas.
Peces	74	71	96
Anfibios	174	172	99
Reptiles	474	443	93
Aves	558	106	19
Mamíferos terrestres no voladores	95	95	100
Murciélagos	59	35	59.3

Tabla. 5.2. Proporciones de endemismo (%) en Odonata, aves y mariposas cada isla de las Antillas Mayores y Bahamas.

ÁREAS	Odonata	Aves	Mariposas
CUBA	7.0	6.0	14.0
ESP	10.2	9.4	36.4
PRI	0.0	5.2	4.1
JAM	1.6	8.4	20.6
BAH	0.0	0.6	4.7

Resulta obvio que existen organismos que se desplazan mucho, mientras otros no. Gillespie y Rodrick (2002) resaltan que una dispersión casi imposible para un organismo es trivial para otro, disuadiendo así la generalización. Por otra parte, no es posible ignorar el hecho que, si discernimos patrones biogeográficos a cualquier escala, es porque existe orden, debido con toda probabilidad a eventos vicariantes de diferentes magnitudes

“La dispersión - proclaman Bueno y Llorente (2000)- es un principio ineficaz como proceso causal de la distribución.... No hay nada que quede al azar en la distribución espacial de los organismos”. De igual modo, Llorente y Morrone (2001) sentencian que especies, géneros y familias no tienen una distribución aleatoria. Como expone Heads (2005a), Croizat concibió la dispersión como proceso conductor de la distribución, incluyendo cualquiera y todos los cambios en posición. Pero esta dispersión es, en todo momento, un movimiento concertado y ordenado. Los eventos de azar se encuentran descartados de manera absoluta de esta concepción. Por su lado, Heads no acepta el azar o accidente como hacedores de patrones, porque, en su criterio, no son explicaciones científicas, y todo ello se

relaciona con “la atracción de la psiquis humana por lo extraño y lo misterioso”. Según Heads, la base de toda la biogeografía de la dispersión * “es un misterio y un milagro, un evento al azar no analizable, que dado el tiempo suficiente llega a ser una certidumbre...La dispersión al azar es la creencia en lo milagroso, el evento único que desafía toda explicación...El movimiento tiene que ser regular, sobre la base del cambio geográfico. Y tiene que cesar por la misma razón...No hay explicación racional para la dispersión al azar”.

Sin embargo, estas concepciones asimilan la posibilidad de un origen múltiple para un mismo taxón en diferentes espacios y tiempos mediante la combinación (por supuesto aleatoria y casual) de caracteres. Es posible concebir que todo *evento* de azar o aleatorio en la naturaleza es a la vez determinista, al ser resultado de intersecciones de trayectorias de *procesos* de desarrollo operando en diferentes dinámicas. Todas trayectoria es guiada por constreñimientos internos y externos, los cuales determinan la posibilidad o no de su ocurrencia en un contexto espacio/temporal específico. Lo aleatorio no es desorden, sino no-orden, y la concurrencia de eventos aleatorios puede generar configuraciones ordenadas, patrones en el espacio y el tiempo.

El rechazo a lo aleatorio como hacedor probable de orden se ajusta a lo que Fernández (2004) califica de “repugnancia” hacia los fenómenos complejos, de la consecuencia de enfocar el mundo a través del prisma de la *clasicidad* (ver Capítulo 3). Resulta así obvia la visión del mundo como un gran mecanismo de relojería, ordenado, regular y predecible. Acusar una explicación de creencia en lo “milagroso” y lo “misterioso”, por el hecho de asimilar posibles eventos lógicos y racionales de azar, de acuerdo con el contexto y las evidencias, es un enfoque cuestionable. Y el

*Los términos “biogeografía de la dispersión” o “biogeografía de la vicarianza” son dañinos. Implican una preconcepción y una actitud epistemológica prejuiciada. Son concepciones mutiladas y mutilantes. La distribución espacial de los organismos constituye una fenomenología de la ontología de la naturaleza. La distribución espacial está embebida en una red causal. La biogeografía de “esto o de aquello” es mera artimaña epistemológica.

misterio no es más que una metáfora estimulante del lenguaje y el pensamiento en un mundo donde, necesariamente y como han reconocido científicos eximios, es imprescindible expresarse y comprender en términos de metáforas y poesía. No en balde dijo Einstein, “La cosa más hermosa que somos capaces de experimentar es el misterio esa es la fuente de todo arte y ciencia verdaderos-”.

Thom (2000) identifica los cambios en el espacio como “catástrofes”. En consecuencia, “si u es un punto del espacio U , decimos que u es regular si lo que hay en un punto u' , 'bastante próximo a u' , tiene la misma apariencia cualitativa que en u ”. Esta descripción es equiparable a componentes bióticos en simpatria espacial, a organismos compartiendo el mismo espacio geográfico. Si un organismo “sale” de ese espacio, entonces ocurre una “catástrofe” o bifurcación de un sistema previamente más regular, más semejante cualitativamente. Catástrofe es, sencillamente, que las cosas cambian en el espacio. Una catástrofe es una discontinuidad observable y es el resultado de una crisis; pero Thom ve el término crisis algo conflictivo, y prefiere pensar en términos de *puntos críticos*. Lo científico, nos dice éste autor, debe describirse como una forma geométrica (idealización) en un espacio substrato. En estos espacios existen espacios o puntos de catástrofes, y además espacios regulares. Un objetivo primordial de cualquier disciplina morfológica será el del estudio de sus conjuntos catastróficos; pues estas bifurcaciones explican las discontinuidades en la naturaleza.

Thom discurre que una morfología se produce en el conflicto de dos o más atractores (aunque reconoce que la estructura genérica de los atractores es un campo poco conocido). En los seres vivos, no obstante el parámetro considerado sea continuo, el individuo actúa tan solo mediante operaciones discretas dentro de ese parámetro continuo, debido a la dinámica dialéctica de las interacciones entre atractores. El objetivo primario de cualquier interpretación morfológica es así la determinación de las discontinuidades de una morfología y de las partes estables de estas discontinuidades. Las discontinuidades y las estabilidades son los elementos más evidentes de una morfología. En el lenguaje biogeográfico, ello equivale a decir

que tanto las estabildades: áreas de endemismo y distribuciones redundantes, son tan importantes como las discontinuidades “catastróficas”, representadas por eventos dispersivos o distribuciones fragmentadas.

Sobre la base de lo anterior, podríamos establecer una analogía entre los procesos de dispersión como espacios de catástrofe o bifurcaciones de los sistemas biogeográficos. Por consiguiente, los procesos de dispersión, incluyendo los movimientos al azar, son consustanciales de la dinámica de los espacios biogeográficos, y generadores legítimos de patrones. También sobre esta base, se comprende la *racionalidad* de la conceptualización panbiogeográfica, desde el momento que permite geometrizar trayectorias espaciales en un espacio substrato. Pero discrepamos de la *racionalización* de esta conceptualización, en cuanto a su rigidez al proponer explicaciones únicas para el significado de los trazos, de esa sencilla, pero ilustrativa geometría espacial biogeográfica, y de su tenaz rechazo a la influencia del azar y el no-orden como factores inherentes del orden notable y de las regularidades que observamos en la distribución espacio/temporal de los organismos a través del planeta.

Coincidimos con Miranda *et al.* (2003) cuando denuncian, con toda razón, que los debates dispersión-vicarianza rozan el maniqueísmo. Pero la tendencia a explicar cualquier patrón disjunto, sobre todo en el caso de las tierras insulares, sobre la base de la dispersión, más que maniqueísta, puede llevar la biogeografía al plano de lo caritaruresco y lo absurdo.

De manera somera, Pearson y Dawson (2003) afirman que los eventos de dispersión a largas distancias son extremadamente importantes. En su criterio, existen datos que lo corroboran, inferidos de observaciones sobre colonizaciones contemporáneas insulares por diversos organismos. Por otra parte, De Queiroz (2005), propone una “resurrección” de las interpretaciones dispersivas para explicar cualquier patrón, incluso aquellos congruentes con vicarianza. Para ello traduce de manera muy personal (si bien las referencias en dicho artículo demuestran que no está solo en el empeño) resultados de las técnicas de la filogeografía y de los patrones

de distribución. Incluso, ofrece un mapa global cruzado por “sorprendentes” líneas de dispersión entre continentes e islas, al cual compara, de manera ofensiva para cualquier biogeógrafo serio, con un mapa de aerolínea. En sus palabras, esta “nueva visión” muestra que “las biotas son más dinámicas y tienen orígenes más recientes que lo pensado previamente”. Una conclusión opuesta, verbigracia, a la síntesis reflexiva al respecto de Heads (2005b), el cual analiza prácticamente las mismas evidencias.

En uno de sus ejemplos, de Queiroz ilustra, basado en Briggs (2003), que patrones clásicamente atribuidos a vicarianza gondwánica (Ratitíes, cíclidos y Psitacíformes) son más congruentes por dispersión. Pero Briggs no se refiere a la *geografía actual* del planeta, sino a posibles eventos dispersivos cuando los territorios se encuentran fragmentándose y conectados por accidentes geográficos emergidos, continuos o no (ver Nota 45). De Queiroz exige concordancia entre tiempo de divergencia de linajes y eventos vicariantes. Si la divergencia molecular sugiere ser más joven que los eventos vicariantes, entonces la dispersión es la responsable de la distribución y las relaciones genealógicas. Sin embargo, la divergencia genética y la especiación son procesos de evolución biológica, mientras que la vicarianza es un asunto de modificaciones geográficas o ecológicas. Ambos eventos no tienen por qué ser sincrónicos.

Cavallanti denuncia, en el *portal electrónico de biogeografía* (biogeography@bohm.snv.jussieu.fr), que dicho artículo no añade nada al ulterior desarrollo de la biogeografía. Aún más, representa un lamentable retroceso. En adición, tilda a la filogeografía de “juguete favorito de niños ricos”. Y se une a Heads (2005b) cuando dice, “Los filogeógrafos han confundido progreso técnico con avances conceptuales”.

Cowie y Holland (2006) subrayan que existen patrones no aleatorios de dispersión. Es decir, concordantes con direcciones prevalecientes de viento y corrientes oceánicas, o características del clima. Pero no por ello la dispersión deja de ser azarosa. Ambos autores esperan que “la camisa de fuerza que ha sido la

biogeografía de la vicarianza estricta se distiende para incluir una vez más la pluralidad de mecanismos y procesos que hacen de la biología evolucionaria la exasperante pero siempre fascinante disciplina que realmente es”. Pero tal “camisa de fuerza” no es más que una añagaza metafórica que nubla el entendimiento de la complejidad conjunta del mundo natural y de la construcción de conocimiento. No tiene nada que ver ni con la dispersión ni con la vicarianza. Al margen de nuestra discrepancia con tal opinión, nos unimos a la fascinación confesa por la biología evolucionaria, incluyente de la biogeografía histórica.

MACROPROCESOS Y MACROCONCEPTOS

Ciurana (2001a) delibera: “Los occidentales tenemos una manera muy curiosa de conceptualizar... Los conceptos enfatizan en los sustantivos, los cuales denotan cosas en reposo, sin movimiento, quietas, en orden (como en el discurso victoriano). Sólo empleamos los verbos para hablar de cambio, de movimiento. Cambio y movimiento que son accidentales, añadidos a las cosas, que tienden, por naturaleza, a estar en estado de reposo. Nuestra estructura lógica de pensamiento y de lenguaje no son las más idóneas para pensar en profundidad la interrelación entre los sistemas físicos, biológicos o sociales. ¿Por qué decimos que el viento sopla? ¿Acaso hay un viento que no sople? ¿Acaso el viento comienza a soplar en un momento dado? No comprendemos que 'viento' es viento soplando. Y si no, entonces no es 'viento'. ¿Por qué decimos que el río fluye? ¿Acaso existen ríos no fluyentes?”. Entendemos que sin verbo y fraseología florida toda prosa fuera la mar de árida y aburrida, pero, evidentemente, Ciurana nos ofrece espacio para una reflexión zahorí de nuestra idiosincrasia conceptual, suspendida en la aceptación a ultranza de lo inmóvil y en la suspicacia contra lo voluble y lo azaroso.

Por otro lado, Thom identifica, desde el punto de vista semiótico, a

sustantivos con conceptos. Un concepto puede ser un ser vivo, un organismo que vive con un determinado cuerpo (su forma biológica) en un espacio semántico (un ambiente repleto de otros “conceptos”). El cuerpo tiene una frontera, y el concepto mecanismos de regulación que le permiten “resistir” a los “conceptos” circundantes. Estos mecanismos son destruidos por los “verbos” (fuerzas o agencias ambientales) y el conjunto de los procesos de regulación permiten describir la naturaleza semántica del concepto, es decir, su significado. El significado del concepto (ser vivo), su naturaleza semántica, proviene, por una parte, de la totalidad de los mecanismos de regulación del concepto y, por otra, de la naturaleza del espacio substrato, que es un campo semántico específico.

Para definir el significado de un concepto hay que describir su espacio substrato, en la totalidad de espacios semánticos que somos capaces de conocer, y el conjunto de mecanismos de regulación que actúa en tal espacio substrato. Thom nos dice que el organismo regula su forma espacial por regeneración. Esta regeneración comprende los procesos vitales de autopoiesis y ecoipoiesis, además de la propia replicación de los organismos. Y entre las regulaciones que el organismo autodesarrolla para su regeneración se encuentran el movimiento, la adaptación al espacio, la capacidad de realizar catástrofes o discontinuidades, de dispersarse hacia otros espacios, los cuales, a su vez, modificará de alguna manera debido a las nuevas interrelaciones que se co-construirán con su mera presencia.

Vargas (1992) propone: “la dispersión y la vicarianza son dos *macroprocesos*, que en sí mismos aglutinan una serie de procesos causales de naturaleza y tipología diferentes. Su exclusión mutua es más aparente que real, fomentadas por posturas radicales”. Según hemos visto, estas posturas radicales son muy frecuentes en el quehacer de los análisis biogeográficos. Aún más, sugerimos que *dispersión* y *vicarianza* (acerca de su carácter, eventual o procesal, ya hemos comentado) son dos *macroconceptos*. En el criterio de Edgar Morin (1993), “Pensar es *pensar en movimiento*; los conceptos atomizantes deben ser sustituidos por *macroconceptos*, que unen en sí nociones hasta el momento distintas e incluso

antagónicas. Por ejemplo, lo organizacional es un macroconcepto ligado a producción-transformación/praxis-producción-de-sí/bucle recursivo-generativo/apertura-clausura”. Morin abunda en el tema: “Los macroconceptos tienen una doble identidad, siempre abierta sobre un *umwelt*, un entorno que es su *eco* y que le hace *eco*. Son cada vez menos discernibles porque son cada vez más complejos. Cada vez más la dimensión ecológica debe estar presente en toda observación y en todo pensamiento, todo debe ser ecologizado y todo debe ser visto como meta-sistema y como meta-perspectiva”.

Al respecto, comenta Ciurana (2000): “Se trata de pensar en movimiento aquello que la lógica clásica piensa de forma estática: la identidad; la unidad; el ser; el objeto; la estructura..... El espacio intelectual del *macroconcepto* es el espacio de la *conceptualización compleja*, un modo de conceptualizar necesario para una comprensión de la realidad que...ya no valora sólo lo inmutable y lo estático, sino también da importancia a lo dinámico, a lo que cambia, a lo que fluye. Pensar mediante macroconceptos es pensar organizacionalmente... *Macroconceptuar* es asociar de forma organizacional y dialógica conceptos que incluso pueden ser opuestos.... Es pensar una realidad que ya no viene definida por el pensamiento del 'objeto', sino por la concepción del *sistema-organización*. *Macroconceptuar* es hacer emerger *formas globales, no totalidades cerradas*. Conceptos como ser; sistema; organización; hombre y sociedad, son *macroconceptos*. Estos términos constituyen conceptos complejos, productos de interrelaciones, de constelaciones conceptuales, fuera de las cuales se volatilizan”.

Ciurana (2001a) prosigue “El paradigma de complejidad y el uso del *macroconcepto* pretenden pensar una realidad en movimiento... El orden del macroconcepto es el orden de la dinámica abierta e inclausurable... Es acabar con la tendencia lingüística a pensar cómo si los 'objetos' de nuestra realidad fuesen estáticos. Sabemos que un concepto es un instrumento intelectual que nos sirve para pensar la realidad. El *macroconcepto* es el instrumento que, dinamizado por un paradigma de complejidad, nos lleva a la comprensión de realidades complejas”. De

cualquier manera, Ciurana advierte: “Ninguna realidad dinámica y creadora es encerrable y clausurable en su totalidad por ningún orden conceptual, ni simple ni complejo”. En conclusión, se ha asumido la estabilidad como la situación normal (pudiéramos decir en nuestro caso, la vicarianza) y el movimiento (inconfundible en la dispersión a través de “barreras”) como la situación excepcional.

Cómo es dable percatarnos, continuidades, discontinuidades y catástrofes, son fenómenos intrínsecos a la forma. La vida, por decirlo así, tiene una capacidad “filtrante”; se escurre e invade todo espacio propicio y, al mismo tiempo que engendra discontinuidades espaciales, conforma una red global de conectividad espacial. La dispersión y la vicarianza son componentes dialécticos de este sistema generador de forma, de patrón. En lo que une, y en lo que separa, pueden estar involucrados tanto eventos de dispersión como de vicarianza. La vicarianza representa una conectividad histórica, la dispersión materializa una posibilidad física. A su vez, una vicarianza actual de poblaciones puede ser un fenómeno ecológico, en curso, no histórico, un rejuego entre el desarrollo de una barrera y la capacidad de movimiento y de reajuste estructural de los organismos. La dispersión podría tener connotaciones históricas: la factibilidad del evento sólo fue materializada en un momento dado en el tiempo, cuando determinadas condiciones ecológicas lo hicieron posible, o sencillamente ocurrió por un evento azaroso. Y lo invariante entre ambos componentes de un sistema de catástrofes es, en un sentido o en el otro, el movimiento, la autorreferencialidad de los organismos, su dimensión cognitiva y de sentido.

Toda morfología es el resultado de un conflicto en el espacio/tiempo, de continuidades y discontinuidades en ese espacio/tiempo en interacción constante. El “dispersalismo” o el “vicariancismo” pueden ser paradigmas en competición (la herencia del pensar en términos de dominación) en el criterio de algunos. Así, una explicación en un sentido u otro requiere de una rígida e inoperante afiliación paradigmática. Si asumimos la dispersión y la vicarianza como hechos reales de la naturaleza, como “catástrofes” eventuales de una fenomenología determinada,

entonces evadimos lo paradigmático y lo dicotómico, lo desarticulado. Y construiremos explicaciones, ignorando, con toda placidez, lo ominoso de ser acusados de “istas” profesantes de algún “ismo”.

Croizat (1964) manifestó que *vida y tierra evolucionan juntas*. Este enunciado ha devenido emblemático de la biogeografía de la vicarianza, básicamente de la panbiogeografía. Desafortunadamente, tal postulado se ha interpretado en numerosas ocasiones de manera reduccionista, desestimando la autonomía e independencia de los procesos biológicos. Nos parece más realista considerar que *las biotas evolucionan en áreas que evolucionan*.

Para Lobo (1999, 2000) y Halffter (2000, 2003b), los patrones de la biodiversidad y los ensamblajes de las especies en los ecosistemas son también resultados de eventos y procesos aleatorios, relacionados con la movilidad de los organismos. De hecho, Halffter (2000) afirma que el devenir de la evolución y la configuración de los patrones de la biodiversidad constituyen procesos caóticos. Hubbell (2001) distingue ensamblajes-de-dispersión en contraposición a ensamblajes-de-nichos. Halffter (2003b) interpreta esta idea en el sentido de una integración del alea del ambiente con la autoorganización de relaciones ecológicas preestablecidas. El mensaje básico es que la autoorganización de la estructura espacio/temporal de ensamblajes de organismos en un contexto (un patrón), es posible de ser mantenido por cambios en la composición o estructura, en-actuando con elementos aleatorios el ambiente. Dichos elementos, entre otros, podrían representar la incorporación de nuevos organismos procedentes de eventos dispersivos. De manera interesante, Haydon *et al.* (1994) proponen una triada heterárquica, (la cual aprueba Morrone, 2004) donde se conceptualiza una “biogeografía balanceada”, embebida en interacciones de procesos de índole ecológica e histórica, pero donde también se tienen en cuenta la acción del azar, de eventos y procesos impredecibles (Fig. 5.27).

Apreciamos coherencia entre este enfoque biogeográfico “balanceado” y el siguiente discurso de Riera (2005) (cursivas nuestras): “...Somos cada vez más los que estimamos que las leyes fundamentales son irreversibles y aleatorias, mientras las leyes determinísticas y reversibles, de las cuales no discutimos su existencia, no se

Biogeografía: La dinámica de la forma y el sentido en el espacio y el tiempo.

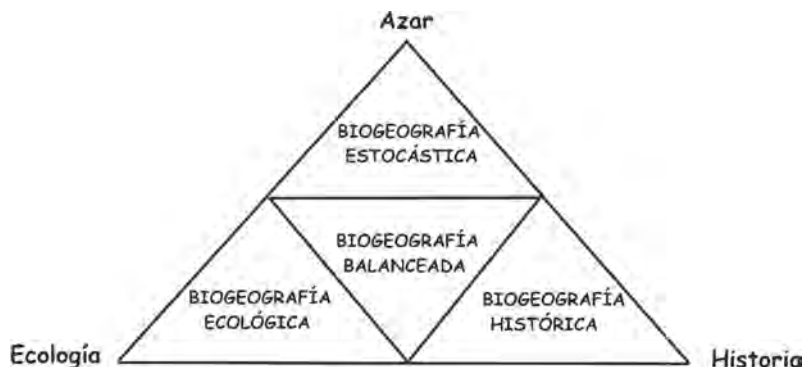


Fig. 5. 27. *Biogeografía concebida como una triada donde se entrecruzan interacciones ecológicas, desarrollo histórico y eventos de azar.*

aplican más que a situaciones de límite. En esta cosmovisión, la *aleatoriedad* tiene un papel que desempeñar, porque las *fluctuaciones* generadas cerca de un *punto de bifurcación* pueden hacer que un sistema tome un rumbo diferente al que habría tomado de no mediar esas fluctuaciones. *Esta característica es intrínseca a la realidad....*Descifrar el mundo tiene algo de historia policíaca, pues se trata de un juego intelectual en el que sólo *tenemos indicios pero nunca la totalidad de los elementos*. La ciencia es un diálogo con la naturaleza. Las ciencias se han liberado de una *racionalidad cerrada*. Están ahora abiertas a lo *imprevisto, al diálogo con una naturaleza* que no puede ser dominada con una mirada teórica, sino solamente explorada; con un *mundo abierto al cual pertenecemos y en la construcción del cual participamos*".

Thompson (1989) tercia por una "ecología de la conciencia", por la construcción de una nueva cultura planetaria que se caracterice por un movimiento fluyente desde la ideología o formas arcaicas de pensamiento hacia una ecología de la mente. En esta "ecología mental", los valores no son objetos, sino patrones que

surgen de la superposición de opuestos. Thompson iguala formas arcaicas en el pensar con formas ideológicas, dogmáticas. Según estas formas de pensamiento, se cree que la verdad se puede expresar con una ideología. El aferramiento a interpretar los patrones biogeográficos como resultantes de un proceso único, no se aviene con una racionalidad científica, sino con un racionalismo dogmático, con una ideología esclerosada.

De manera congruente, Malpartida (2004) puntualiza que la visión clásica de las interpretaciones en la ciencia es representacional, simbólica. El dato surge del objeto, es inmanente. Dato y hecho pueden ser lo mismo. Pero también se aboga por una perspectiva relacional. En ella, el dato surge de la relación. Cualquier modelo de la realidad, cualquier mapa, es tan sólo una representación simplificada de la realidad y del territorio. No constituyen réplicas de la realidad ni de los territorios. En esta “ecología mental”, los valores no son objetos ni símbolos o representaciones, sino configuraciones relacionales. En ello consiste el núcleo de las interpretaciones en biogeografía histórica, en relacionar patrones de distribución, genealogía y paleogeografía.

El célebre físico Daniels Bohr sentenció: “Lo opuesto de un hecho es una falsedad, pero lo opuesto a una verdad profunda es otra verdad profunda”. La dispersión, tanto si es impelida por fuerzas externas interaccionantes o por eventos azarosos, representa, junto a la vicarianza, dos verdades profundas, opuestas a la vez que complementarias en la configuración de patrones biogeográficos y en los modos de especiación. Fuerzas, fenómenos y conceptos opuestos no pueden fusionarse, pero no por ello deben rechazarse los unos por los otros, desde el momento que su articulación es posible.

Thompson, en cita a Tomás de Aquino, expresa: “La justicia sin misericordia es la crueldad, la misericordia sin justicia es la madre de la disolución”. Pero la justicia niega a la misericordia y la misericordia se contrapone a la justicia. Thompson sugiere que solamente la sabiduría podría conciliar estos opuestos. El problema no tiene solución, pero la sabiduría logra trascenderlo. Esta hermosa

metáfora es aplicable a los conflictos cotidianos de orden-desorden-no-orden/determinismo-azar/aleatorio-regular/dispersión-vicarianza. Sólo la construcción de conocimiento, desde una perspectiva “ecológica”, horizontal y reticulada, no clausurable, en fin, macroconceptual, es capaz de ofrecer una herramienta, no excluyente ni dominante respecto al indagador que la esgrime, sino capaz de articular y trascender al observador y a la fenomenología con la cual interacciona en un espacio substrato particular.

Ernest Hemingway, en uno de sus cuentos, hizo oficio de perplejidad espacial: “El Kilimanjaro es una montaña cubierta de nieve de 19 710 pies de altura, y se dice que es la montaña más alta de África. Su cumbre occidental es llamada en Masai 'Ngáje Ngái', la Casa de Dios. Cerca de la cumbre occidental se encuentra la carcasa reseca y congelada de un leopardo. Nadie ha explicado qué estaba buscando el leopardo a semejante altitud”. Nosotros tampoco tenemos ni idea, pero, ¿no resulta fascinante imaginar que la fiera estaría fluyendo y expandiéndose hacia lo adyacente posible, en plena emergencia de su macroproceso particular? ¿Quién sabe?

Capítulo 6

Un archipiélago complejo

“Cuánto más interesante llegan a ser nuestros estudios, cuando consideramos cada producción de la naturaleza como una que ha tenido una historia”

Charles Darwin

“La historia es un examen y un juicio, no una propaganda ni una excitación”

José Martí

“La historia es dialéctica cuando se considera no en secuencia, sino como trayectorias autoorganizadas, con sus emergencias y sus reflejos de interacciones y proyectos de los agentes”.

Stan Salthe

“Sin un pasado viviente, tenemos sólo un presente inerte y un futuro muerto”.

Carlos Puente

*Labor omnia vincit improbus**

ÁREAS DE ENDEMISMO

Para Nelson y Platnick (1981) los tópicos más elementales de la biogeografía histórica conciernen las áreas de endemismo y sus relaciones.** Estas áreas son consideradas los objetos fundamentales de la disciplina (Major, 1988; Sober, 1988; Harold y Mooi, 1994; Espinosa *et al.*, 2002). Desde esta perspectiva, Roig-Juñen *et al.* (2002) precisan, “La biogeografía histórica estudia dos patrones básicos: áreas de distribución y áreas de endemismo”. Por supuesto, las áreas de

* *Una labor ímproba todo lo vence*

** *Preferimos pensar en términos de áreas de endemismo y relaciones entre las biotas de dichas áreas, pues es la biota la que define las áreas de endemismo y no a la inversa*

endemismo también representan áreas de distribución, pero caracterizadas por la presencia de componentes bióticos exclusivos que las definen. Por su parte, Linder (2002) apunta, “En la búsqueda de explicaciones de la historia de la Tierra basada en patrones biológicos, las áreas de endemismo son las entidades a comparar”. Una hipótesis de una zona como área de endemismo tiene valor predictivo, capacidad de corroboración y de falsabilidad. La predicción consiste en que las especies definidoras de estos espacios geográficos no se van a encontrar en otros, y su corroboración se realiza al encontrar más especies exclusivas de tales espacios. Esta hipótesis es factible de falsificar si se comprueba que las especies supuestamente demarcadoras de tal área se distribuyen también en otros territorios.

Las áreas de endemismo son la diferencia que hace la diferencia en la biogeografía, pues evidencian o, al menos sugieren, relaciones congruentes entre la evolución de los organismos, la geografía del planeta y procesos climáticos y geológicos. Usualmente, se asume que las áreas de endemismo han sido moldeadas por procesos geológicos, inductores de vicarianza y aislamiento entre poblaciones. Por ejemplo, Vargas (1991) alega: “estas áreas significan evidencia de que la historia geológica y la historia de su biota están estrechamente correlacionadas”. En su criterio, las áreas de endemismo se estructuran principalmente debido a eventos tectónicos, los cuales produjeron la división de áreas de distribución ancestral, debido al surgimiento de barreras intermedias o por extinciones intermedias. De este modo, muchos grupos desarrollan historias congruentes de distribución espacial y de especiación. Llorente y Morrone (2001) manifiestan un punto de vista semejante. Las áreas de endemismo indican la secuencia histórica de fragmentación. Con el mismo sentido, Espinosa *et al.* (2002) reflexionan que dichas áreas son entidades históricas reales, porque los taxones que allí cohabitan han estado sometidos a los mismos eventos de división de sus áreas ancestrales.

Por su lado, Ruggiero y Ezcurra (2003) no consideran a la vicarianza como requisito indispensable para la ocurrencia de diferenciación y especiación. La acción de gradientes geográficos, y no factores geológicos, podrían establecer zonas de

delimitación sobre determinadas áreas y mantener la diferenciación entre las mismas sin necesidad de invocar eventos vicariantes geológicos. En palabras de Linder (2002), una asunción implícita para cualquier área de endemismo es que su biota tiene una historia única y, consecuentemente, todas las relaciones biogeográficas de todos los elementos de la biota deben ser los mismos. Sin embargo, si estos espacios constituyen fragmentos de diferentes biotas ancestrales, no debe ser así. De hecho, las áreas de endemismo pueden tener afinidades diferentes en diferentes secciones de la misma; tal es el caso de América del Sur, donde, por lo general, la biota al sur de este continente suele presentar afinidades más estrechas con Australasia, mientras el norte y el nordeste con Norteamérica y África. Es posible también la existencia de áreas de endemismo disjuntas, o sea, la unidad biótica de dos áreas separadas por un espacio geográfico o ecológico. Linder señala algunos factores a tener en cuenta para la distinción de esta clase de áreas.

1. Diferentes tipos de suelo o clima.
2. Aislamiento geográfico, ecológico, o gradientes ambientales.

De acuerdo con Linder, si las barreras geográficas son las de mayor relevancia, entonces las áreas de endemismo se encuentran bien delimitadas. Si los límites tienen que ver fundamentalmente con factores ecológicos-climáticos, entonces las áreas podrían interdigitarse. Por ejemplo, un patrón de endemismo relacionado con el carso, podría estar oscurecido por especies con otro tipo de ecología o viceversa. En Cuba se observa este tipo de interdigitación, lo cual hace muy difícil una delimitación simplista de las áreas. Las alturas de las Sierras de Nipe, Cristal y Moa-Baracoa se caracterizan por un elevado endemismo asociado a los suelos serpentinosos u ofiolíticos. Sin embargo, los bordes de estas serranías suelen ser cársicos, a los cuales se asocian también numerosos endémicos locales, tanto de flora como de fauna, como ocurre en los farallones de Nipe o en zonas cársicas relativamente pequeñas de la Sierra Maestra, la cual es predominantemente metamórfica. Una regionalización biogeográfica, sobre la base de los endemismos de serpentinas, pudiera delimitar fácilmente cada una de estas sierras, o establecer

un continuo entre ellas. Por el contrario, los endémicos asociados al carso pudieran tener una relación con otras zonas cársicas y generar un patrón regional disjunto.

De esta manera, dentro de un mismo espacio geográfico tendríamos una superposición o mezcla ameboide de áreas de endemismo, una verdadera telaraña de relaciones biogeográficas. Esta situación es muy racional si conceptuamos al espacio biogeográfico, no como una equivalencia del espacio geográfico, sino como una emergencia de espacios geográficos y espacios ecológicos, de acuerdo con las reflexiones desarrolladas en el Capítulo 5. Una conclusión plausible sería que no existe un único tipo de área de endemismo. Interpretamos a estos espacios biogeográficos como retículos de elementos bióticos compartiendo de manera exclusiva un espacio común, el cual es congruente debido a causas múltiples, como especiación *in situ*, fragmentación de distribuciones más antiguas o extinción.

En resumen, existen dos interpretaciones para comprender las áreas de endemismo. Por una parte, se contemplan como resultantes de fragmentación de biotas ancestrales debido a eventos geológicos; lo cual implica la ocurrencia de especiación alopátrida. Por otra parte, son también discernidas como resultantes de interacciones más relacionadas con la composición de los ensambles bióticos en conjunción con factores del ambiente. Preferenciamos una tercera alternativa, que articula la interacción compleja entre todos los componentes mencionados, es decir, la formación de espacios geográficos con especies restringidas a los mismos, debido a la acción de constreñimientos múltiples e interactuantes de factores biológicos, geológicos, ecológicos y climáticos.

En algunos de los criterios expuestos, resulta evidente una correspondencia entre áreas de endemismo con el concepto de *trazo panbiogeográfico* en su visión más ortodoxa. Es decir, un área de endemismo sería un fragmento de una biota ancestral más ampliamente distribuida. No obstante, no creemos que exista una razón *a priori* que justifique dicha aseveración. Existen elementos teóricos para concebir que el origen de nuevas especies sea estimulado por el aislamiento geográfico de poblaciones conectadas espacialmente con anterioridad. Pero el origen de nuevas

especies puede ser igualmente debido a eventos simpátridos, los cuales ocurren sin aislamiento espacial, como pudiera ser la especiación por simbiogénesis. Tampoco habría que rechazar la concepción de aislamiento geográfico, no únicamente como resultado de división ancestral, sino como un evento de expansión de la distribución ancestral, con posterior aislamiento. Lo que define a un área de endemismo es la presencia de especies *exclusivas* de dicha área. Y la génesis de dicha exclusividad no tiene que responder a un único tipo de proceso. Las áreas de endemismo constituyen ante todo espacios de génesis de nuevas formas de vida, representan nodos de complejidad de la biosfera, y por consiguiente conforman tejidos de relaciones y resultados emergentes entre eventos y procesos de diversa índole.

Espinosa *et al.* (2001) exponen que un área de endemismo puede diagnosticarse por la superposición de la distribución. Visto así, dicha definición es congruente con la de trazo generalizado. Recordemos que un trazo constituye, ante todo, una representación geométrica de la trayectoria espacial de un taxón. Es importante resaltar que dicha trayectoria es *infodinámica*, pues se refiere a la expresión espacial de las formas biológicas y no implica necesariamente un movimiento espacial lineal, de un lugar a otro. Es por ello que el contexto espacial de un trazo puede implicar tanto fragmentaciones de distribuciones más amplias, como expansión actual respecto a un área ancestral, o incluso una distribución en sistemas de metapoblaciones o poblaciones que muestran distribuciones disjuntas, al encontrarse los organismos en parches ambientales óptimos. Esa distribución parcheada es posible que ocurra dentro del área ancestral del taxón, pero pudiera también significar expansión con relación al área original.

En un trazo generalizado la superposición de las distribuciones no tiene que ser absoluta. La superposición de la distribución de especies que definen un área de endemismo adopta ribetes de exclusividad. Justamente, la exclusividad espacial es lo que define a un área de endemismo, mientras un trazo generalizado es definido tan sólo por congruencia, ya sea esta parcial o total. Un trazo generalizado puede estar estructurado por superposiciones que comprenden taxones endémicos

de un espacio dado, pero también por la superposición espacial de taxones externos a dicha área de endemismo (Fig. 6.1). Así, el espacio que abarca este grafo pudiera trascender o transgredir las áreas de endemismo, siendo la distribución de sus taxones estructurantes no limitada necesariamente al espacio geográfico superpuesto. Por el contrario, los taxones que delimitan áreas de endemismo se encuentran restringidos a tales espacios.

García-Barros (2003) comenta que el concepto de área de endemismo es la demarcación geográfica, más o menos limitada, caracterizada por las distribuciones aproximadamente congruentes de un conjunto de especies exclusivas de ella. De igual modo, enfatiza: *las áreas de endemismo no poseen homologías biogeográficas naturales, sino estructuran compuestos biogeográficos que pueden tener relaciones con trazos diferentes*. Con ello coincidimos, pero consideramos oportuno emitir un comentario. La distribución de todas las especies exclusivas de un área es congruente, en el sentido que no se encuentran fuera de dicha área. Sin embargo, no necesariamente las distribuciones de dos o más taxones en dicha área tienen que ser congruentes, si consideramos que el espacio biogeográfico es una emergencia de espacios ecológicos y geográficos. En otras palabras, dos o más especies, cuya distribución global resulta congruente con un espacio geográfico dado, podrían exhibir ecologías diferentes, y por lo tanto no mostrar superposiciones espaciales *dentro* del área de endemismo. (Como ocurre en el ejemplo hipotético de la Fig. 6.1).

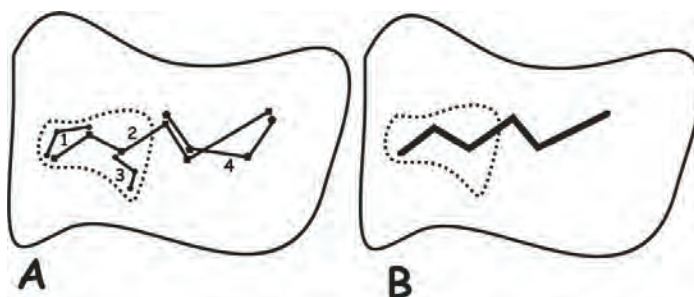


Fig. 6.1. A. Distribución de 4 taxones hipotéticos. El espacio punteado representa el área de endemismo de los taxones 1 y 3. La distribución del taxón 2 trasciende el área de endemismo. El taxón 4 se distribuye fuera del área. B. Trazo generalizado de los 4 taxones.

Las especies endémicas se distribuyen en áreas de endemismo. Estas áreas constituyen espacios con límites naturales más o menos precisos y son definidas por la presencia de especies exclusivas. Esta reflexión tiene un inconfundible sabor tautológico, pero la circularidad reside en nuestras mentes “corporeizadas”. Escapamos a la tautología cuando comprendemos que un área de endemismo es un fenómeno autoorganizado y un espacio autorreferencial desde el punto de vista de la biota. Son los organismos los que se encuentran constreñidos a determinados espacios de la biosfera. No todos los organismos que viven en un “área de endemismo” son endémicos de dicha área. Las barreras y constreñimientos que “atraen” a un conjunto de organismos en un enclave espacial dado, son tranquilamente ignorados por otros. Entonces, ¿qué es una especie endémica? Rappoport y Monjeau (2003) ofrecen una respuesta notable por su sencillez y objetividad: “Una especie endémica es aquella circunscrita a un único lugar, no importa si éste es reducido o amplio”. Una vez más, apreciamos en este fenómeno la necesidad de contextualizar y particularizar para alcanzar un entendimiento racional del mismo.

ATRACTORES BIOGEOGRÁFICOS

De acuerdo con Margaleff (1991), “Los ecosistemas son sistemas que aparentemente se organizan a sí mismos, lo que también acontece con sus componentes, que son los organismos...Su funcionamiento conduce a nuevos estados que no son idénticos a los anteriores, sino que suelen mostrar un enriquecimiento de información. ...No se pueden esperar respuestas con sentido si se usan modelos en los que las especies aparecen sólidamente emparejadas por parámetros constantes de interacción... Los ecosistemas no están centralizados, sus componentes son variables y cada uno tiene su historia. Los ecosistemas no son organizaciones centralizadas desarrolladas en una historia común, sino más bien

sistemas integrados por elementos muy dispares...que unen temporalmente sus respectivas historias evolutivas. La misma naturaleza de las cosas...limitación de recursos y de espacio, organización de las cadenas tróficas, lleva a la manifestación de algunas regularidades”.

Para Blandin y Bergandin (2000), los paisajes o *ecocomplejos* representan ecosistemas en interacción con propiedades emergentes, y así lo exponen: “La imagen de ecosistemas en 'equilibrio' es un atractor del pensamiento de los ecólogos”. Desde su punto de vista, el análisis de los ecosistemas por lo general es reduccionista y se encuentra inscrito en el mecanicismo de la modernidad. Por su parte, Halffter (2003b) discurre, “La resiliencia permite cambios sin perder la autoorganización característica. ... Pueden ocurrir desequilibrios locales con paisajes equilibrados a escala global.... Lo real en cuanto a las comunidades (ensambles de organismos delimitados por su interconectividad) son las especies, porque sus organismos tienen memoria codificada e interaccionan y modifican, y tienen una existencia y continuidad en el espacio/tiempo e interactúan entre sí: ese es el proceso de ensamble. Interactúan porque coinciden en el espacio/tiempo, y *eso es un proceso biogeográfico*,⁴⁴ y altamente aleatorio. Si la interacción es fija e interactiva, es un proceso de coevolución. La mayor parte de los ensambles son circunstanciales... Condiciones similares de ambiente determinan procesos de ensamble fisonómica y estructuralmente semejantes, aunque la composición de especies sea distinta, como las pluvisilvas americanas, africanas y asiáticas”.

Semejantes reflexiones perfilan una visión dialógica de ecosistemas y paisajes, de las comunidades. Estas se conciben con una composición dinámica y aleatoria, junto con emergencias relativamente metaestables e invariantes en cuanto a su manifestación y a su forma. La forma, la expresión fenomenológica emergente de los ensambles bióticos, se mantiene relativamente invariante, no obstante varíen los componentes estructurales, interrelacionados por potentes nexos autoorganizativos. Esa persistencia en la organización, generadora de emergencias de formas relativamente invariantes, es un resultado de la acción de *atractores* ambientales e infodinámicos. Rocha (1998) se refiere a los atractores ambientales en

el sentido de constreñimientos que autogeneran cohesión y agencias invariantes dentro de contextos dinámicos autoorganizados.

Rocha discurre: “Hablar de un atractor sólo tiene sentido en relación con su sistema dinámico. El paisaje del atractor define su correspondiente sistema dinámico. El atractor permite realizar clasificaciones de ese ambiente... genera estabilidad dinámica en interacción con sus ambientes. Los sistemas autoorganizados clasifican sus ambientes en un pequeño subconjunto de comportamientos”. La superposición exclusiva de áreas de distribución entre diferentes elementos bióticos nos sugiere el desarrollo de una historia que comparte procesos y eventos comunes de delimitación espacial. Al mismo tiempo, estos espacios generalmente no se transgreden por los elementos bióticos que los caracterizan, porque se encuentran en-acción constreñimientos ecológicos de variada índole que lo impiden; es decir, que “funcionan” como sistemas con fuertes constreñimientos desde-arriba-hacia-abajo, del todo hacia los componentes.

Las áreas de endemismo constituyen sistemas autoorganizados en el espacio biogeográfico. La autoorganización implica orden y constreñimientos capaces de mantener ese orden. Es plausible pensar en estos constreñimientos como en una red de relaciones climáticas, ecológicas, simbióticas, de peculiaridades biológicas intrínsecas, así como de factores físicos específicos que restringen o impiden la trasgresión de esas áreas por parte de los organismos que las definen. Las áreas de endemismo son espacios donde se han autogenerado redes de constreñimientos, limitantes de la expansión espacial de un conjunto de componentes biológicos que se autoorganizan para conformar estos espacios biogeográficos únicos. Estos componentes representan los invariantes relativos de dichas áreas. De no existir estos constreñimientos, las áreas de endemismo, o no existirán en lo absoluto, o tenderían de manera inevitable hacia su disolución, su desorganización.

Dichos constreñimientos conforman una red de interacciones y emergencias locales, la cual puede ser concebida como un atractor. Así, las áreas de endemismo podrían ser consideradas *atractores biogeográficos*. Como ya conocemos, el concepto

de atractor implica convergencia de trayectorias en un espacio pequeño, discreto, en relación con el espacio de fase posible a ocupar para los componentes de un sistema dado. En un sistema biogeográfico, el *espacio de fase* posible a ocupar por los organismos son los límites físicos que demarcan el área en cuestión. En el caso de una isla, el espacio potencial de fase posible sería todo el territorio insular. Si un grupo de taxones despliega una distribución amplia en lo espacial y heterogénea en lo ecológico, no es posible considerar un patrón de distribución configurado por atractores. Por el contrario, la presencia de áreas de endemismo localizables en espacios restringidos y pequeños, en relación con la superficie total del territorio insular, nos indicaría un patrón espacial autoorganizado en un sistema de atractores biogeográficos. Nos revelaría la manifestación de un profundo orden biogeográfico.

Fontenla (2003, 2005) utilizó el término *atractor biogeográfico* para significar áreas donde convergen las distribuciones de muchos taxones. Representan espacios donde se “cruzan” un conjunto de trayectorias espaciales. Por ejemplo, la convergencia en Cuba de semejanzas primarias o secundarias, en cuanto a la distribución de mariposas en las Antillas (Fig. 5.16). Un atractor biogeográfico tiene un sentido multidimensional: conectivo y/o generativo. De manera particular, esto último sería el caso de las áreas de endemismo, dada su cualidad de constituir las coordenadas espaciales donde emergen de manera congruente formas biológicas exclusivas. Un atractor biogeográfico posee ante todo una connotación espacial, al nuclear convergencias de trayectorias infodinámicas. El espacio biogeográfico constituye una emergencia de espacios geográficos y ecológicos. Por consiguiente, un atractor biogeográfico precisa espacios convergentes de distribución y ecología. Pero en el caso de las áreas de endemismo, los atractores biogeográficos también connotan convergencia de génesis de formas exclusivas de dichos espacios biogeográficos. Al mismo tiempo, las áreas de endemismo pueden representar atractores potentes de conectividad. Tomemos el caso de las áreas reconocidas para el endemismo vegetal en Cuba.

Existen dos regionalizaciones bien reconocidas de áreas de endemismo vegetal en Cuba (Samek, 1973 y Borhidi 1996). En las operaciones siguientes nos

centraremos en la división de Samek (1973) (Fig. 6.2), la cual se encuentra en estado de reajuste por uno de nosotros (Antonio López). En este caso, el número de especies exclusivas de cada distrito fluctúan entre una hasta más de 300 (Tabla 6.1). Los distritos fitogeográficos representan áreas de endemismos, y son definidos y delimitados sobre la base de especies exclusivas del territorio que ellas mismas autodefinen. De unas 2948 especies endémicas de plantas vasculares con distribución conocida, 1370 (46.5%) viven únicamente en un distrito fitogeográfico. Por consiguiente, casi la mitad de la flora endémica de Cuba se encuentra autoconstrañida espacialmente a un área de endemismo exclusiva. La cifra elevada de áreas con conjuntos exclusivos de especies y la gran cantidad de especies que viven en un espacio único dentro del archipiélago, sugiere que las áreas de endemismo vegetal representan atractores biogeográficos.

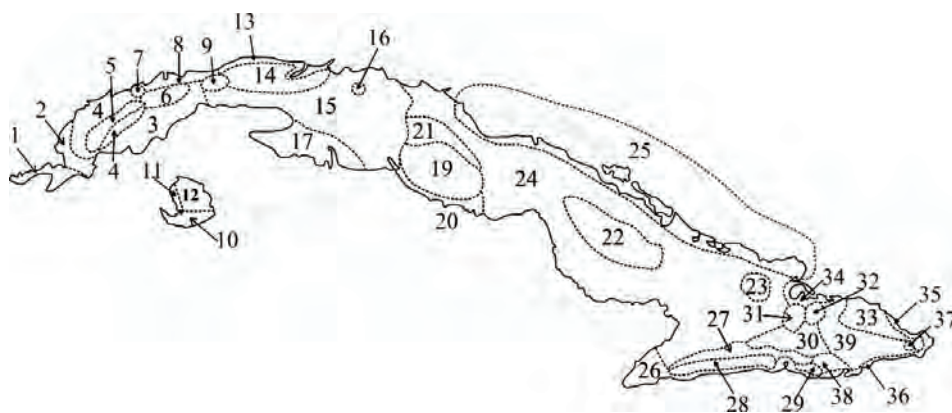


Fig. 6.2 Regionalización fitogeográfica de Samek (1973), modificada por López et al. (1993). 1. Guanahacabibes. 2. Guanés. 3. Pinar del río. 4. Pizarras. 5. Mogotes. 6. sierra del Rosario. 7. Cajalbana. 8. Bahía Honda- Cabañas. 9. Anafe. 10. Sur Pinos. 11. Los Indios-Siguanea. 12. Centro de Pinos. 13. Habana-Matanzas. 14. Habana-Limonar. 15. Planicie Centro-Occidental. 16. Motembo. 17. Zapata. 18. Cayería Meridional (no representada) 19. Guamuhaya. 20. Cienfuegos-Trinidad. 21. Santa Clara. 22. Camagüey. 23. Holguín. 24. Planicie Centro-Oriental. 25. Costa Centro-Oriental. 26. Cabo Cruz-Baconao. 27. Promontorios de sierra Maestra. 28. Cordillera del Turquino. 29. Gran Piedra. 30. Valle Central. 31. Sierra de Nipe. 32. Sierra Cristal. 33. Moa-Baracoa. 34. Bahía de Nipe. 35. Baracoa. 36. Maisí-Guantánamo. 37. Sierra de Imías. 38. Colinas de Oriente. 39. Santa Catalina.

La conectividad entre estos atractores biogeográficos estaría materializada por los taxones endémicos de Cuba que se distribuyen entre, al menos, dos de dichas áreas. Descubrir esta relación es fundamental. Los taxones endémicos compartidos conforman las hebras que conectan los diferentes atractores y que estructuran cuencas de atracción biogeográficas. Las cuencas de atracción materializan un

Tabla 6. 1. Relación de distritos fitogeográficos con el número de especies endémicas de Cuba y el número de endémicos locales, respectivamente, presentes en cada distrito.

Distritos	Endémicos nacionales	Endémicos del distrito	Distritos	Endémicos nacionales	Endémicos del distrito
1	93	14	21	161	14
2	230	43	22	150	11
3	204	13	23	113	18
4	68	1	24	231	20
5	249	64	25	251	41
6	312	29	26	227	46
7	207	45	27	123	14
8	74	9	28	399	131
9	59	4	29	109	6
10	87	8	30	97	4
11	125	24	31	543	92
12	148	12	32	449	60
13	159	13	33	959	327
14	192	24	34	80	2
15	213	13	35	115	22
16	62	7	36	362	79
17	71	5	37	73	3
18*	1	0	38	27	1
19	325	83	39	341	54
20	122	15			

*A. López considera que este distrito no debe considerarse al no presentar ningún endémico local.

patrón global de clasificación del ambiente por parte de dicha biota, e informan acerca del cómo la biota se organiza y se estabiliza a sí misma en su espacio de fase ambiental. En resumen, permiten discernir una síntesis de integración y coevolución de espacio, tiempo y forma.

Para explorar las relaciones de conectividad entre las áreas de endemismo determinamos las semejanzas primarias (número máximo de especies compartidas) entre los distritos fitogeográficos. De este modo, se definen 3 núcleos principales de conectividad biogeográfica. (Fig. 6. 3). Estos núcleos, verdaderos “atractores de atractores”, podrían ser considerados meta-atractores biogeográficos, los cuales se corresponden con el distrito de Sierra del Rosario (06), la planicie Centro-Occidental (15) y el distrito de Moa-Toa-Baracoa (33). Las redes de conectividad nucleadas en los meta-atractores estructuran cuencas biogeográficas. De este modo, quedan definidas las cuencas siguientes: I. Sierra del Rosario, II. Planicie Centro-Occidental, III. Moa-Toa-Baracoa

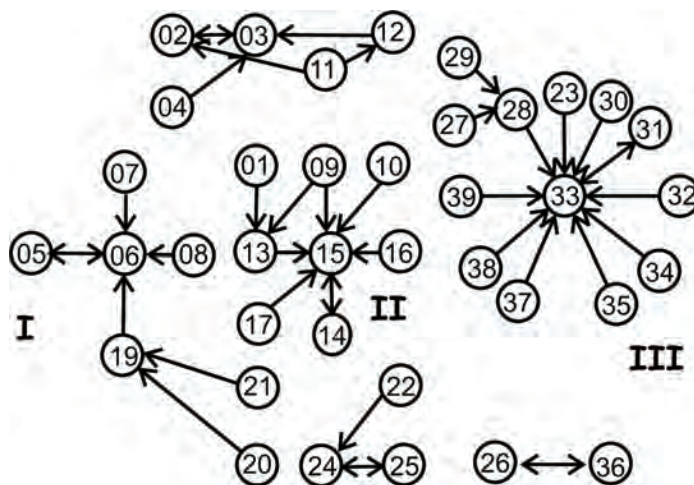


Fig. 6.3. Semejanzas primarias entre distritos fitogeográficos. Cuando un distrito aparece conectado a más de otro distrito significa que el número de taxones compartidos entre ellos es el mismo o con una diferencia no mayor de 2-3 especies. I. Cuenca de Sierra del Rosario. II. Cuenca de la planicie Centro-Occidental. III. Cuenca de Moa-Toa-Baracoa.

La cuenca de Sierra del Rosario se encuentra conformada por Sierra del Rosario, Sierra de los Órganos (05), las alturas de serpentinas (ofiólitas) de Cajálbana (07), Bahía-Honda-Cabañas (08) y el Macizo de Guamuhaya (19). Los componentes de esta cuenca pertenecen básicamente a elevaciones de la región Occidental de Cuba, y además la integra el Macizo de Guamuhaya de la región Central. Así, la cuenca está constituida también por componentes orófilos disjuntos, probablemente testigos de una distribución ancestral más continua. El macizo de Guamuhaya se comporta a su vez como un meta-atractor secundario, al cual se enlazan de manera primaria los distritos Cienfuegos-Trinidad (20) y Santa Clara (21), ambos de la región Central. La conectividad primaria del núcleo de la cuenca es con Sierra de los Órganos.

Desde el punto de vista geomorfológico,* la cuenca de Sierra del Rosario la estructuran, en el occidente, componentes montañosos de la Cordillera de Guaniguanico y un elemento de llanuras, el distrito 08, congruente con la región geomorfológica Bahía Honda. En la región Central la relación coincide con componentes geomorfológicos de Cubanacán y Guamuhaya. Esta relación nos parece muy interesante, al ilustrar sobre conectividades multidimensionales o no-lineales. Es decir, que la conectividad no resulta una función “esperada” de proximidad geográfica o ecológica, sino una integración compleja de factores ecológicos e históricos, no necesariamente aparentes, ni transparentes, en una primera aproximación analítica.

La segunda cuenca biogeográfica tiene su núcleo en la Planicie Centro-Occidental de Cuba, la cual es una zona de llanuras que se extiende por las provincias de la Habana, Matanzas y parte de Villa Clara y Cienfuegos. Con ella se encuentran conectadas las Alturas de la Habana-Matanzas (13) -a la cual se vincula de manera primaria la Península de Guanahacabibes (01)-, Sierra de Anafe (09), Sur-Pinos (10), Motembo (16), Alturas de la Habana-Limonar (14) y Ciénaga de Zapata (17).

*Referencias a la geomorfología tomadas de la *Regionalización Geomorfológica de Acevedo (1989a)*.

La conectividad primaria del meta-atractor es con el distrito 14. Semejante a la cuenca de Sierra del Rosario, en ésta también se observan conectividades disjuntas, como son los casos de los distritos 01 y 10. Ello sugiere la existencia de biotas más continuas en el pasado y fragmentadas actualmente. De hecho, existen evidencias geológicas y biológicas congruentes con una línea de costa que incluía la Península de Guanahacabibes, la Isla de Pinos y la Península de Zapata. Geomorfológicamente la cuenca la integran un conjunto de pequeñas alturas del occidente y llanuras del occidente y el centro.

La tercera cuenca biogeográfica reúne prácticamente todos los distritos del oriente de la isla, excepto las costas semiáridas, y además incluye Holguín, distrito perteneciente a la región Central. El núcleo de esta cuenca tiene su máxima conectividad con la Sierra de Nipe. Esta conectividad máxima es también disjunta, pues entre Moa y Nipe se encuentran los distritos montañosos de Santa Catalina (39) y Sierra del Cristal (32). La Sierra del Turquino (28) constituye un metaatractor secundario de otros distritos de la Sierra Maestra: Promontorios (27) y Gran Piedra (29).

Existen tres grupos de áreas no afiliadas a ninguna de las cuencas, cuya conectividad máxima se manifiesta entre ellas, pero sin un meta-atractor claramente definido. Es posible considerar a estos grupos de áreas de endemismo como cuencas biogeográficas secundarias. Uno de estos conjuntos está conformado por llanuras y alturas de Pinar del Río e Isla de Pinos: Guane (02), Pinar del Río (03), Centro Pinos (12), los Indios-Siguanea (11) y las Alturas de Pizarra (04). Esta cuenca sugiere una relación histórico-ecológica, pues los territorios del Oeste y el Norte de la Isla de Pinos estuvieron conectados con Pinar del Río y la Habana-Matanzas, durante el Plioceno y el Pleistoceno. El elemento ecológico básico entre las áreas son las características del suelo, estructurado en lo fundamental por arenas silíceas asociadas a la erosión de las formaciones de pizarras que abrazan longitudinalmente por el Norte y por el Sur a la Sierra de los Órganos. El segundo grupo lo integran las llanuras de Camagüey (22), la Planicie Centro-Oriental (24) y la Costa Centro-

Oriental (25). Por último, las áreas semiáridas de la costa sur oriental, los distritos 26 y 36, aparecen relacionadas entre sí de manera exclusiva. Todas estas cuencas biogeográficas se muestran en el mapa de la Fig. 6.4.

Las semejanzas secundarias develan una red de conectividad más compleja (Fig. 6. 5). La Sierra del Rosario continúa emergiendo como un potente núcleo de conectividad de las regiones occidental y centro-occidental. A su vez, su conectividad secundaria es con el macizo de Guamuhaya, lo que destaca las relaciones vicariantes entre estos dos macizos montañosos. La mayoría de los distritos centro-occidentales conservan sus relaciones de conectividad secundaria entre sí mismos, lo que avala la identidad biogeográfica de esta región. La región Centro-Oriental también exhibe la mayor parte de las semejanzas secundarias entre sí, aunque la costa centro oriental se vincula con las costas semiáridas orientales, también en una relación disjunta desde el punto de vista geográfico. Los distritos orientales no tienen ninguna conexión (de acuerdo con los criterios empleados para



Fig. 6. 4. Relación espacial de las cuencas biogeográficas. Color Negro: Cuenca de Sierra del Rosario. Color gris claro: Cuenca de la planicie Centro-Occidental. Color gris oscuro: Cuenca de Moa-Toa Baracoa. Las flechas indican la ubicación geográfica de los meta-atractores. Nótese que todos los sistemas de cuencas tienen componente disjuntos. Las áreas en blanco indican las cuencas secundarias. Círculo: Pinar del Río-Norte de Isla de Pinos. Cuadrados: Planicie y costa Centro-Oriental. Estrellas: Costa Sur Oriental.

ilustrar los taxones endémicos compartidos) con distritos externos a la región oriental. La Sierra de Nipe (31) se comporta como un relevante núcleo o meta-atractor secundario, y también se destacan el distrito de Santa Catalina (39) y la Sierra de Cristal (33).

Al combinar en un mapa las relaciones primarias y secundarias se obtiene (Fig. 6.6) una nítida división del archipiélago cubano en tres grandes cuencas biogeográficas y un sistema disjunto de conexiones estrechas: 1. Cuenca Occidental-Centro-Occidental, incluyendo la Isla de Pinos. 2. Cuenca Centro-Oriental. 3. Cuenca Oriental. 4. Cuencas disjuntas de las costas norte centro-oriental y la costa sur oriental. Sierra del Rosario y Guamuhaya son áreas híbridas, relacionadas estrechamente, por una parte, con otros distritos de sus regiones físico-geográficas, mientras por otra muy relacionadas entre sí a través de una disyunción montana, sugerente de biotas ancestrales más continuas y fragmentadas en la actualidad.

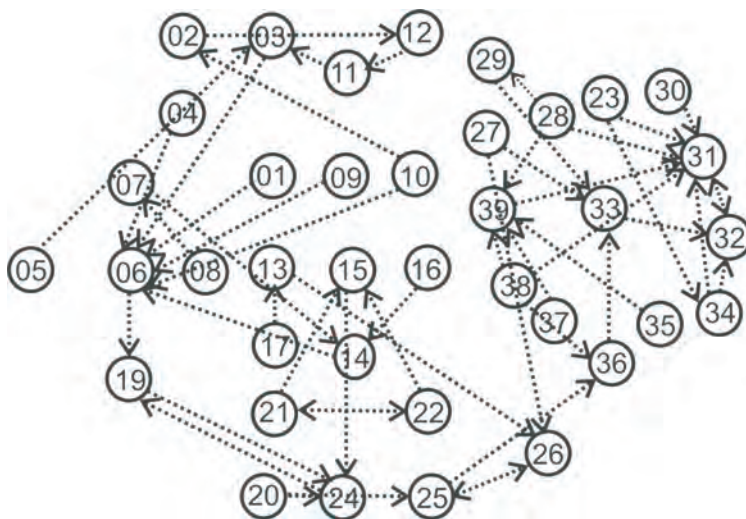


Fig. 6.5 Relaciones de semejanza secundaria entre distritos fitogeográficos

En su sentido más general, los atractores biogeográficos podrían comprenderse como áreas cuya conectividad histórica y/o actual las convierten en centros de cruces de trayectorias espaciales y/o filogenéticas, centros de especiación, refugios en tiempo de contracción de hábitats, o alguna combinación de estos elementos. Ante todo, los meta-atractores representan espacios de conectividad máxima. Estos espacios, núcleos de las cuencas biogeográficas, pueden ser, indistintamente, áreas muy ricas o, por el contrario, relativamente pobres en endémicos exclusivos. Un meta-atractor o núcleo de cuenca, pudiera constituir, aunque no necesariamente, un “punto caliente”. Estos últimos espacios deben ser siempre zonas con elevada concentración, tanto de diversidad biológica como de especies exclusivas*. Un metaatractor puede exhibir o no estas características, pero siempre representa un espacio conectividad elevada. Todo atractor primario, o área de endemismo, onstituye, ante todo, una zona o atractor de generación, al ser un espacio donde, razonablemente, se han originado especies, las cuales, justamente, distinguen tales espacios como áreas de endemismo. Las cuencas biogeográficas se estructuran por relaciones de conectividad.

En resumen, un meta-atractor biogeográfico representa, básicamente, una zona de conectividad elevada entre áreas, con independencia del número de especies exclusivas coexistiendo dentro de sus límites físicos. Por ejemplo, en la cuenca de Sierra del Rosario, 3 de las 4 áreas que confluyen directamente en la misma tienen más endémicos exclusivos. De hecho, Sierra del Rosario no tiene un endemismo distrital elevado. La cuenca de la planicie Centro-Occidental se caracteriza por un endemismo distrital relativamente bajo, y sólo una de las áreas, las alturas de la Habana-Matanzas, sobrepasa notablemente el número de especies exclusivas, en relación con la del núcleo de la cuenca. La cuenca oriental se caracteriza por su

*Contreras-Medina et al. (2003) resumen que los “hot spots” son espacios geográficos con las características siguientes: 1. Gran número de especies y diversidad taxonómica. 2. Presencia de endémicos con distribuciones muy restringidas. 3. Gran variedad de hábitats y comunidades vegetales. 4. Taxones complementarios. Es decir, concentración de taxones que se encuentran de manera aislada en otras áreas.



Fig. 6.6. *Combinación espacial de las relaciones de semejanzas primarias y secundarias. Color gris claro: Cuenca Occidental. Color blanco: Cuenca Central. Color gris oscuro: Cuenca Oriental. Círculos blancos en Sierra del Rosario y grises en Guamuhaia indican la relación mixta de estas áreas, con relaciones estrechas en la cuenca central el primer distrito y en la occidental el segundo. La costa norte centro oriental y los distritos de la costa sur oriental conforman un sistema de relaciones disjunto .*

elevado endemismo regional; su núcleo, Moa-Toa-Baracoa, constituye un verdadero “punto caliente”, pues resulta tanto el área de mayor diversidad de plantas vasculares como la de mayor endemismo exclusivo (Tabla 6.1).

El concepto de atractores biogeográficos y la relación entre los mismos sobre la base de retículos de conectividad por especies compartidas, sugiere aplicaciones que merecen una elaboración más profunda. En primer lugar, permite definir cuáles son las áreas que funcionan como núcleos de conexión entre la biota. Un meta-atractor puede exhibir o no estas características, pero siempre constituye un espacio de conectividad elevada. Todo atractor primario o área de endemismo, representa, ante todo, una zona o atractor de generación, al ser un área donde, razonablemente, se han originado especies, las cuales, justamente, distinguen tales espacios como áreas de endemismo. Las cuencas biogeográficas se estructuran por relaciones de conectividad.

Al mismo tiempo, es posible analizar otras características de estas áreas, como su biodiversidad y concentración de endémicos exclusivos. Ello tiene implicaciones para la conservación y la comprensión de la evolución de la biota en

contextos específicos. Otra utilidad potencial sería la demarcación de regiones biogeográficas naturales. Desde nuestra percepción, la región occidental representa la red biogeográfica más “compleja” del archipiélago. Esta región involucra tanto cuencas primarias como secundarias, así como relaciones estrechas con espacios geográficos más distantes y/o vicariantes. La cuenca centro-occidental se relaciona tanto con la cuenca occidental como con áreas centro-orientales, cuyas conectividades no confluyen en ninguna de las cuencas biogeográficas. Resulta obvio que las cuencas occidental y oriental, pero sobre todo esta última, exhiben escasa conectividad con otras áreas. Ello implica que, desde el punto de vista evolutivo, representan sistemas relativamente clausurados. Ante cambios drásticos ambientales, modificaciones en la composición taxonómica y fisionomía de estas áreas pudieran ser más intensas respecto a territorios más “conectados” con otras áreas.

Es posible delimitar también espacios de “repulsión”, donde ninguna otra área se conecta de manera primaria o secundaria. (Fig. 6.7). Entre estas áreas se encuentran las penínsulas cársicas del occidente: Guanahacabibes, Sur Pinos y Ciénaga de Zapata. Las restantes áreas de repulsión son las Alturas de Pizarras, las colinas onduladas de Bahía Honda-Cabañas, la costa de Cienfuegos-Trinidad, Motembo, Holguín, Promontorios de la Sierra Maestra, Gran Piedra, Valle Central y Colinas de Oriente. En sentido general, estos distritos se encuentran entre los que presentan menor endemismo local o nacional, con la excepción de promontorios de Sierra Maestra. (Tabla 6.1). Ello no significa que tales territorios constituyan espacios “inútiles”. Por el contrario, en algunos de ellos, como las penínsulas cársicas, se encuentran las mayores reservas forestales del país y constituyen refugios de primer orden para gran cantidad de especies de la fauna autóctona de la isla.

Ante todo, el concepto de repulsor, como contrario natural y necesario del concepto de atractor, enfatiza la escasa conectividad de estos espacios. Lo que nos indica su condición de “repulsoras” es su significado en cuanto a espacios de conectividad entre endémicos. Como lo que estamos valorando en este análisis es la



Fig. 6.7. Áreas de “repulsión” biogeográfica. Ver texto.

comunalidad de endémicos, las áreas repulsoras nos pudieran estar indicando una combinación de fenómenos. Dichas áreas podrían ser espacios relativamente jóvenes o que han sufrido las consecuencias de un gran dinamismo ambiental, condiciones ecológicas desfavorables o muy particulares, o bien una combinación de las mismas. En resumen, nos indican una red multicausal que ha obstaculizado la evolución *in situ* de nuevas formas biológicas, pero sobre todo de convergencias de trayectorias, entre endémicos en este caso.

ANÁLISIS PANBIOGEOGRÁFICOS

Géneros endémicos de moluscos terrestres

Los datos sobre la distribución de los géneros endémicos de moluscos terrestres se tomaron de Espinosa *et al.* (1994, 2005), Espinosa y Ortea (1999), Maceira (1998) y Milera (2003). Para la inferencia de los trazos generalizados no se tuvieron en cuenta los géneros endémicos de una sola localidad (Por ejemplo, Guane, Cubitas, Viñales) ni los distribuidos por toda Cuba. Franco (2001) excluye de los trazos generalizados a los taxones con distribución amplia, debido a su carácter redundante. Por otra parte, estos taxones también pudieran resultar informativos, según los objetivos del análisis, al ilustrar sobre conexiones de áreas

distantes o de evolución más antigua. Hemos adoptado una consideración semejante, y por lo tanto discrepamos de la inclusión de los mismos taxones en distintos trazos generalizados (Como se observa en Barros *et al.*, 2003; Giustina y Barros, 2005; Rosas-Valdés y Pérez-Ponce de León, 2005).

La inclusión o exclusión de los mismos taxones en diferentes trazos generalizados no debe tomarse a la ligera. La elección tomada tiene repercusiones fundamentales en la interpretación de los patrones y en el tratamiento epistemológico de la panbiogeografía en sentido general. Grehan (2001c) plantea que los árboles de extensión mínima (trazos individuales) tienen contenido empírico, pues la elección de un árbol de extensión mínima excluye a otros. Un trazo generalizado es un conjunto de congruencias o superposiciones de trazos individuales. La falsificación de este tipo de grafo también es posible, sobre la base de descubrir una configuración alternativa contenedora de mayor congruencia espacial que la propuesta. De este modo, los trazos generalizados también exhiben contenido empírico.

Un trazo generalizado representa una hipótesis “robusta” de congruencia cuando se observa que el patrón de cada trazo individual se replica o anida, al menos parcialmente, dentro del patrón de síntesis o resumen espacial que estructura el trazo generalizado. Subrayamos que dicho patrón se replica y se anida *como trazo, no como una sección independiente de una distribución*. Un trazo representa una historia única. Si esta historia se fracciona y se mezcla de manera indistinta con fracciones de otras historias espacio/temporales, el contenido empírico e informativo de los trazos desaparece. Un trazo generalizado es una síntesis irrepetible de las congruencias de historias únicas; por consiguiente, ninguno de sus componentes debe aparecer formando parte de síntesis históricas diferentes.

En el capítulo anterior, analizamos conceptos controvertidos en la panbiogeografía, como el de “centro de masa”. No obstante, consideramos que la distinción de la mayor densidad distribucional de un taxón resulta útil para decidir la inclusión de la distribución de un taxón dado en un trazo generalizado. Por

ejemplo, el género *Tetrentodon*, tiene poblaciones en la región central y oriental, pero su mayor concentración espacial se encuentra en la región de Habana-Matanzas (Fig. 6.32). Debido a ello, sería congruente incluirlo como parte de un trazo generalizado que comprendiera dicha región. Si se asume un esfuerzo de muestreo equivalente para el grupo, entonces los centros de masa aluden al óptimo ecológico del taxón, razones de índole histórica o interdigitación de procesos ecológicos e históricos.

Sobre la base de la congruencia en la distribución se determinaron los 8 trazos generalizados que se describen a continuación.

TG1. Guaniguanico (Fig. 6.8). Comprende el conjunto de sierras que vertebran el sistema de los Órganos (Sierra de Guane, Sierra de San Carlos, Viñales en sentido amplio, Sierra de san Andrés, Sierra de la Güira) el Pan de Guajaiabón y la Sierra del Rosario. Géneros: *Annularops*, *Annularita*, *Badiofaux*, *Blaesospira*, *Chondropometes*, *Chondrothyra*, *Hendersonina*, *Nodulia*, *Organocoptis*, *Rhytidotyra*, *Uncinicoptis*, *Viana*. (Figs. 6.9-16).

TG2. Guaniguanico-Alturas de la Habana y Matanzas (Fig. 6.17). Integrado por géneros que se distribuyen a través de las sierras o elevaciones de ambos sistemas orográficos. La congruencia espacial de los trazos individuales abarca Viñales, Sierra de San Andrés, sierra la Güira, Pan de Guajaiabón, Sierra del Rosario, Anafe, Camoa, Madruga, hasta las localidades de Cárdenas-Coliseo, en límite oriental de las Alturas de la Habana-Matanzas. Géneros: *Chondrotyrella*, *Jeanneretia*, *Gongylostoma*, *Liocallonia*, *Rhytidopoma*, *Rectoleacina*, *Semitrocatella*, *Ustronia*. (Figs 6. 18-25).

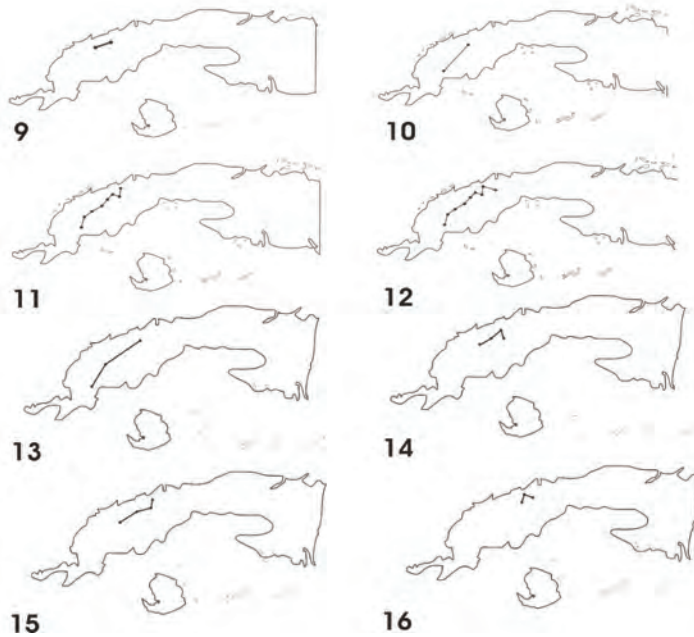
TG3. Alturas de la Habana y Matanzas (Fig.6. 26). El trazo conecta la Península de Guanahacabibes, y el Norte de la Isla de Pinos con la llanura Pinar del Río-Habana-Matanzas, a través de Artemisa. Su límite oriental se encuentra en Coliseo-San Miguel de los Baños-Calimete. Géneros: *Eutudora*, *Pfeiffericoptis*, *Poeycoptis*, *Pycnoptychia*, *Sagracoctis*, *Tetrentodon*. (Figs 6. 27-32).

- TG4.** Alturas de la Habana y Matanzas-Cienfuegos-Trinidad (Fig. 6. 33). Comprende Coliseo, Cienfuegos y Trinidad. Géneros: *Cryptelasmus*, *Torrella*. (Figs. 6. 34-35).
- TG5.** Guamuhaia (Fig. 6.36). La superposición espacial incluye las alturas de Trinidad y las Alturas de Sancti Spiritus Géneros: *Chondrothyrium*, *Cubadamsiella*. (Figs. 6. 37-38).
- TG6.** Alturas Centrales-Isla de Pinos (Fig. 6.39). Este trazo lo integran géneros cuya distribución es congruente a través de las alturas de La Candelaria*, Norte de Isla de Pinos, Camagüey, y Sierras de Cubitas y Najasa. El “centro de masas” de las congruencias se ubica en la Candelaria. Los límites del trazo se localizan en el Norte de la Isla de Pinos, Sagua la Grande y las Alturas de Najasa. Géneros: *Acracoptis*, *Annularodes*, *Bermudezia*, *Centralia*, *Heterocoptis*, *Nesocoptis*, *Opisthocoelicum*, *Opistosiphon*, *Torrecoptis*, *Trilamellaxis*. (Figs 6.40-6.49).
- TG7.** Montañas Orientales del Noroeste. (Figs 6. 50). Comprende Mayarí, Cayo del Rey, Farallones de Nipe, Sagua de Tánamo, Yateras, Baracoa, Maisí y Ovando (Fig.6.51-56). Géneros: *Carcinostemma*, *Planostemma*, *Pleucostemma*, *Ramsdenia*, *Subannularia*, *Xenopoma*.
- TG8.** Periferia Sierra Maestra (Fig.6. 50). Superpone distribuciones en las costas cársicas de Sardinero-Siboney, al este de Santiago de Cuba, Manzanillo, Niquero y Pílon. Géneros: *Chondropomatus*, *Idiostemma*, *Juannularia*, *Limadora*, *Steatocoptis*. (Figs 6.57-61).

*Acevedo (1989) agrupa bajo el nombre de “La Candelaria” al conjunto de Alturas cársicas de la Región Central integradas por las Alturas del Noroeste, las Alturas Centrales del Norte y las Alturas del Nordeste.



Fig. 6.8. TG1: Trazo generalizado Guaniguanico. Áreas punteadas representan de manera esquemática la superficie aproximada de las principales alturas de Cuba.



Figs. 6. 9-16. Trazos individuales del TG Guaniguanico. Géneros: 9, *Blaesospira*.; 10, *Uncinicoptis* y *Nodulia*; 11, *Chondropometes* y *Hendersonina*; 12, *Chondrothyra*, *Rhytidotira* y *Viana*.; 13, *Badiofaux*; 14, *Organocoptis*; 15, *Annularops*; 16, *Annularita*.

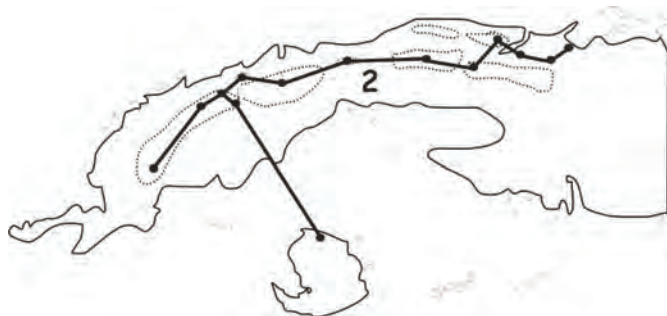
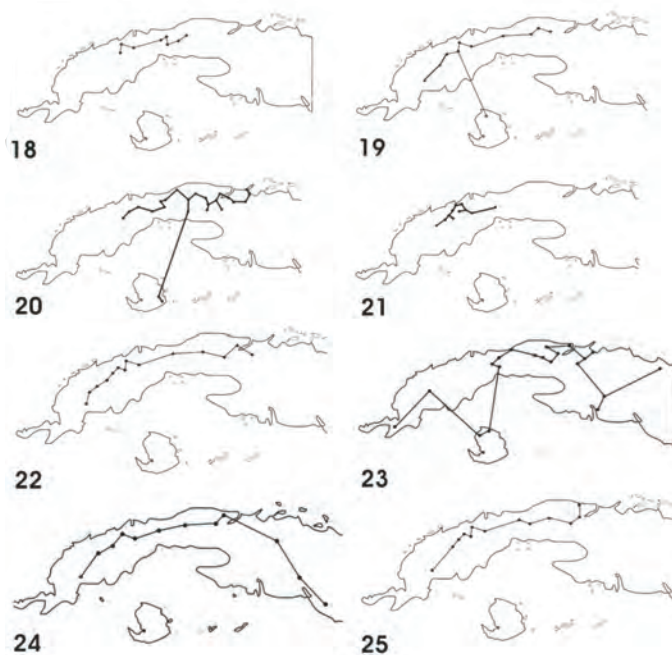


Fig. 6.17. TG2: Trazo generalizado Guaniguanico-Habana Matanzas



Figs. 6. 18-25. Trazos individuales del TG Guaniguanico-Habana-Matanzas.. Géneros: 18, *Chondrotyrella*; 19, *Jeanneretia*; 20, *Gongylostoma*; 21, *Liocallonia*; 22, *Rectoleacina*; 23, *Rhytidopoma*; 24, *Semitrocatella*, 25, *Ustronia*.

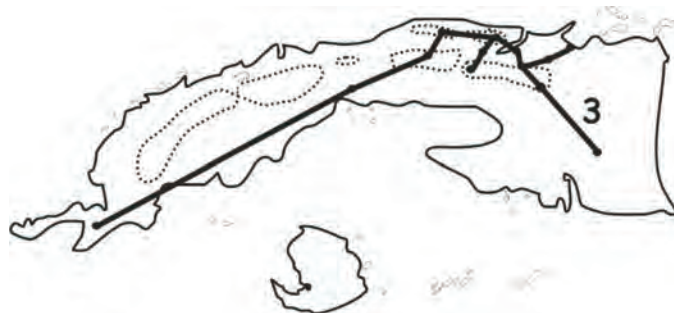
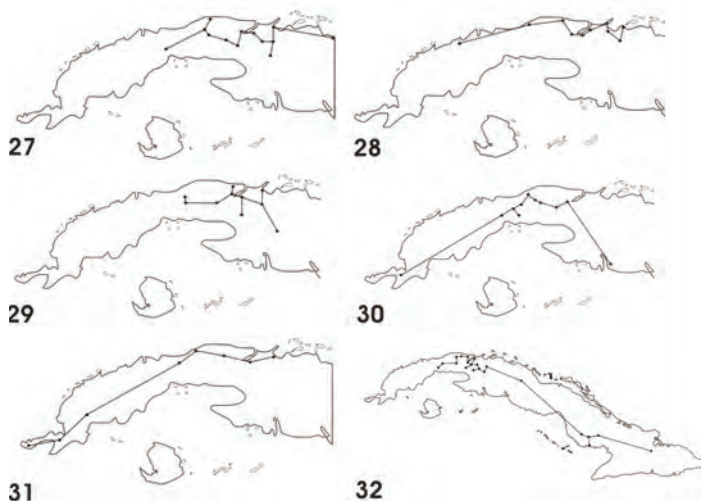


Fig. 6.26. TG3: Trazo generalizado Habana-Matanzas.



Figs. 6.27-32. Trazos individuales del TG Habana-Matanzas. Géneros: 27, *Eutudora*; 28, *Pfeiffericoptis*; 29, *Poeycoptis*; 30, *Pycnoptychia*; 31, *Sagracoptis*; 32, *Tetrentodon*.



Fig. 6.33. TG4: Trazo generalizado alturas de la Habana-Matanzas-Cienfuegos-Trinidad



Figs. 6.34-35. Trazos individuales de TG4. Géneros: 34, *Cryptelasmus*; 35, *Torrella*.



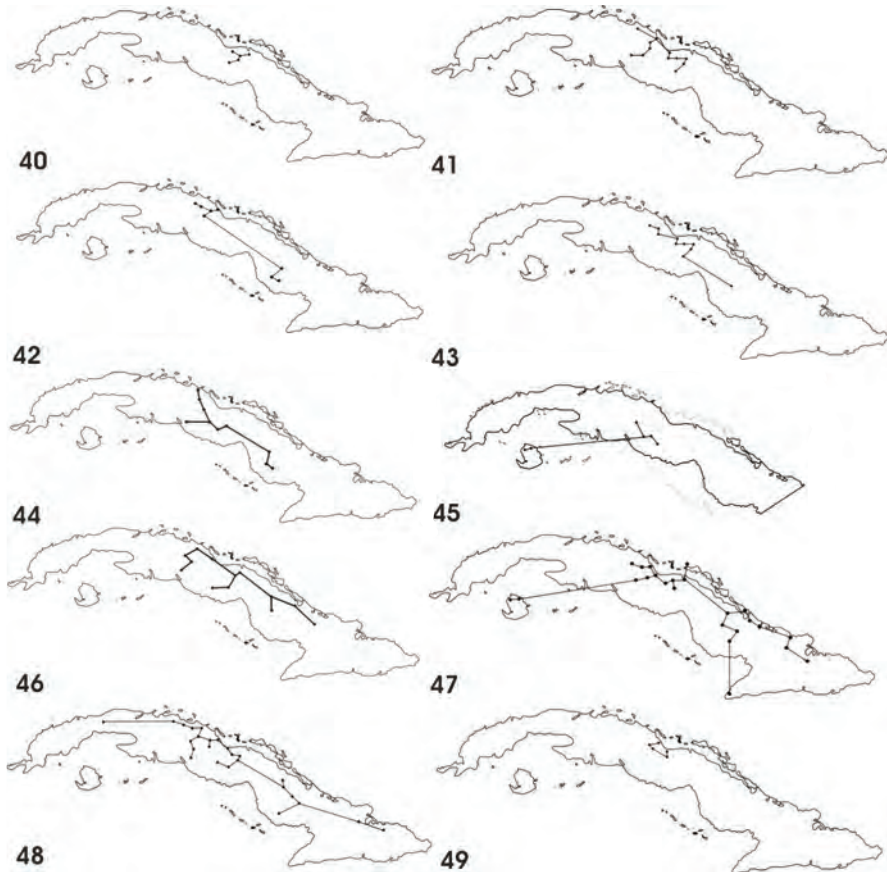
Fig. 6.36. TG5: Trazo generalizado Guamuhaya.



Figs. 6.37-38. Trazos individuales de TG5. Géneros: 37, Chondrothyrium; 38, Cubadamsiella.



Fig. 6.39. TG6: Trazo generalizado
Alturas Centrales-Isla de Pinos.



Figs. 6.40-49. Trazos individuales de TG6. Géneros: 40, *Acracoptis*; 41, *Annularodes*; 42, *Bermudezia*; 43, *Centralia*; 44, *Heterocoptis*; 45, *Nesocoptis*; 46, *Opisthocelicum*; 47, *Opistosiphon*; 48, *Torrecoptis*; 49, *Trilamellaxis*.

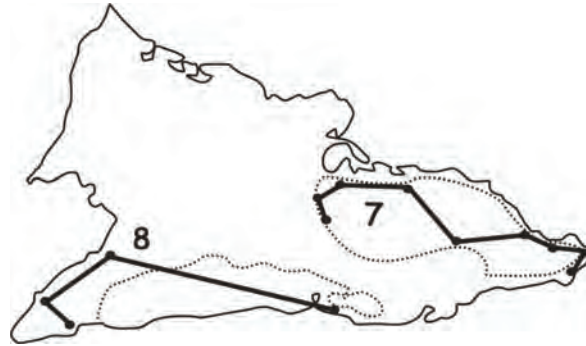
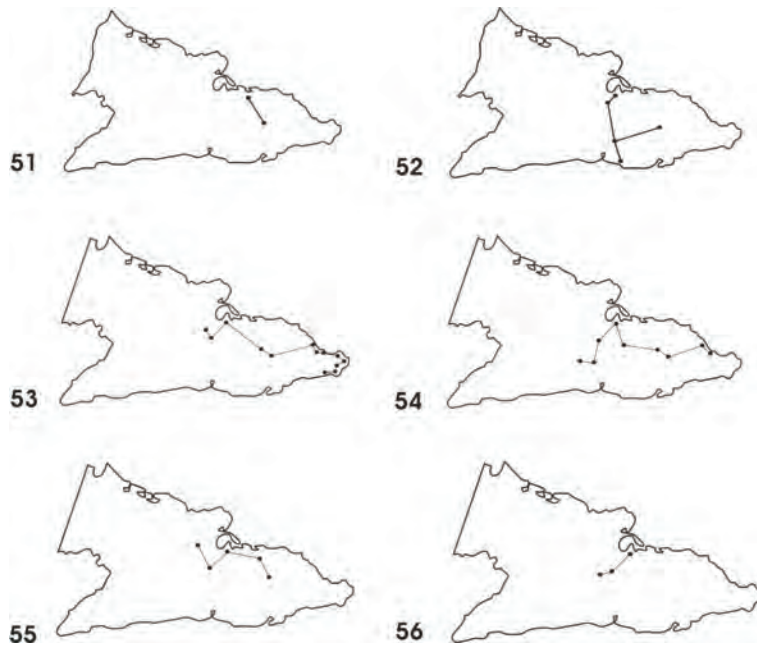
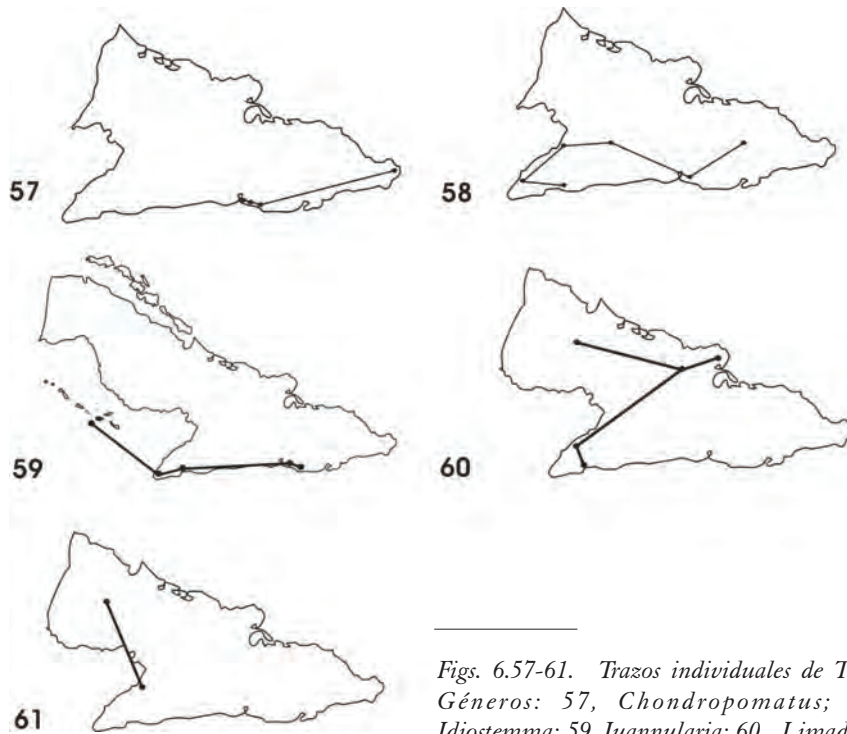


Fig. 6. 50. TG7 y TG8: Trazos generalizados de la región oriental: 7, Trazo generalizado de las montañas del Noroeste; 8, Trazo generalizado periferia de la Sierra Maestra.



Figs. 6.51-56. Trazos individuales de TG7. Géneros: 51, *Carcinostemma*; 52, *Planostemma*; 53, *Pleucostemma*; 54, *Ramsdenia*; 55, *Subannularia*; 56, *Xenopoma*.



Figs. 6.57-61. Trazos individuales de TG8. Géneros: 57, *Chondropomatus*; 58, *Idiostemma*; 59, *Juannularia*; 60, *Limadora*; 61, *Steatocoptis*.

La Fig. 6.62A ilustra el conjunto de los trazos y los nodos generalizados que indican límites de trazos. Estos nodos se corresponden con Coliseo y el Norte de Isla de Pinos (Sierra de Caballos). Los trazos generalizados 1, 2 y 3 están relacionados estrictamente con el occidente. El TG4 conecta el occidente con áreas al sur de Guamuhaya. El TG5 se corresponde exclusivamente con Guamuhaya. Por su parte, el TG6 es congruente con el relieve montañoso de la región Central, pero excluye a Guamuhaya, a la vez que conecta a la Isla de Pinos con la región Central. El TG7 coincide se encuentra limitado a las alturas de Nipe-Sagua-Baracoa y las terrazas marinas de Maisí. Por último, el TG8 bordea las alturas de la Sierra Maestra. Tanto los trazos como los nodos generalizados se concentran en la región occidental,

lo cual resalta la complejidad biogeográfica de esta región.

Los nodos individuales (áreas donde convergen puntos terminales de los trazos individuales) pueden ser considerados áreas que revelan congruencias o territorios fundamentales en la evolución espacial de los taxones. De igual modo, constituyen potencialmente áreas interesantes para la conservación. Los nodos identificados (Fig. 6.62B) fueron los siguientes: 1. Península de Guanahacabibes, 2. Guane, 3. Viñales, 4. Pan de Guajaibón, 5. Sierra del Rosario, 6. Artemisa, 7. Sierra de Caballos, 8. Cárdenas, 9. Coliseo, 10. Calimete, 11. Bahía de Cochinos, 12. Sagua la Grande, 13. Camajuaní, 14. Trinidad, 15. Chambas, 16. Sierra de Najasa, 17. (Guaimaro o Sibanicú), 18. Banes, 19. Mayarí, 20. Farallones de Nipe, 21. Sagua de Tánamo, 22. Yateras, 23. Maisí, 24. Sardinero-Siboney, 25. Pilón.



Fig. 6.62. A. Conjunto de trazos y nodos generalizados de los géneros endémicos de moluscos terrestres analizados. Números indican los TG que convergen en esos espacios. B. Nodos donde convergen límites de trazos individuales de los géneros analizados. Ver texto.

¿Constituyen estos trazos generalizados fragmentos de biotas ancestrales, según propone la interpretación más ortodoxa de la panbiogeografía? Contreras-Medina y Elosa (2001) resumen esta idea de manera más bien drástica, cuando dicen, “Los trazos generalizados *únicamente* indican que una biota ancestral se fue fragmentando por eventos de cambios climáticos o tectónicos”. Pero primero indagemos en las generalidades de la evolución paleogeográfica del archipiélago cubano. Según Iturralde-Vinent (1988), e Iturralde-Vinent y MacPhee (1999), entre el Eoceno Medio y Superior existían 3 archipiélagos independientes: occidental, central y oriental. Este último se encontraba unido al norte de la Española. El archipiélago oriental abarcaba básicamente los territorios de las actuales Sierra de Nipe, Sierra de Cristal y montañas de Baracoa. La Sierra Maestra aún no estaba conformada. El conjunto de islas centrales se extendía desde lo que serían los territorios desde Holguín a Matanzas. Comprendía las montañas de Guamuhaya más otros territorios. Esencialmente, el territorio de Guamuhaya se encontraba aislado en relación con el resto del archipiélago central. Existían algunos islotes al norte de la Habana y Matanzas. Por último, el archipiélago occidental lo conformaban territorios del actual Pinar del Río, norte de la Isla de Pinos y otros.

El archipiélago cubano comienza a adquirir su configuración actual durante el Mioceno Medio-Superior. Durante todo el Terciario y el Pleistoceno estos terrenos han sufrido procesos tanto de fusión como de fragmentación, debido a una combinación de fluctuaciones del nivel del mar y movimientos verticales del terreno. La única separación permanente ocurrió entre el norte oriental de Cuba y el norte-centro de La Española. En sentido general, los trazos generalizados resultan congruentes con dicha paleogeografía y con algunas características tectónicas básicas del archipiélago. Exploremos.

Si sobre los protoarchipiélagos cubanos del Eoceno evolucionó una biota endémica *in situ*, entonces dichas áreas representan sus áreas ancestrales originales, no fragmentos de una distribución más amplia que luego se vio fragmentada. Por otra parte, la evolución paleogeográfica de Cuba desde el Eoceno hasta el Pleistoceno

se ha caracterizado tanto por procesos recurrentes de fusión como de fragmentación (ver mapas de Iturralde-Vinent y MacPhee, 1999; Peñalver *et al.*, 2001). De manera que algunas de las distribuciones actuales de los géneros endémicos de moluscos pudieran representar *expansiones* a partir de áreas ancestrales más o menos restringidas, no una fragmentación de áreas ancestrales más amplias. Grehan (2001c) reconoce que un trazo generalizado permite inferir lo mismo un patrón de dispersión o un patrón común de áreas ancestrales ampliamente distribuidas.

Desde nuestro punto de vista, los resultados obtenidos articulan ambas posibilidades. Por ejemplo, algunos trazos y nodos generalizados muestran límites congruentes con características tectónicas, como grandes fallas (Fig. 6.63), mientras otros las transgreden. En el primer caso se encuentra TG1 (Guaniguanico), TG2 (Guaniguanico-Habana-Matanzas), TG3 (Habana-Matanzas), TG7 (Montañas Orientales del Noroeste) y TG8 (Periferia de la Sierra Maestra). Sin embargo, estas congruencias no definen necesariamente que un TG sea el resultado de la fragmentación de una biota ancestral. Existen trazos generalizados, como TG2, que sugieren historias mezcladas de expansión y fragmentación (TG “complejos”). Por su lado, los siguientes TG pudieran ser asociados con una expansión de la posible área ancestral original: TG3 y TG6. Estos TG conectan territorios pertenecientes a más de uno de los protoarchipiélagos cubanos. TG5, TG7 y TG8 aparentan correspondencia con su posible área ancestral en alguna de tales paleoáreas. Por último, TG4 es posible interpretarlo como una fragmentación entre una biota distribuida entre los límites de la Habana-Matanzas y los alrededores de Guamuha. Analicemos con un poco más de detalle.

El TG2 (Guaniguanico-Habana-Matanzas) (Fig. 6.17) comprende dos regiones distintivas con génesis e historias diferentes. Por consiguiente, es razonable pensar que los taxones de este trazo generalizado se hayan originado en una de estas áreas y se hayan expandido hacia la otra. Existen taxones con “centros de masa” tanto en Guaniguanico como en las alturas de la Habana-



Fig. 6.63. Principales fallas de Cuba, basado en Acevedo (1989b) e Iturralde-Vinent (1988). 1. Pinar. 2. Artemisa. 3. Varadero. 4. Cochino-Cárdenas. 5. Cienfuegos. 6. La Trocha. 7. Camagüey. 8. Guacanayabo-Nipe.

Matanzas (Figs. 18-25), así como trayectorias que abarcan ambas regiones de extremo a extremo. Otros trazos individuales articulan tanto fragmentaciones ancestrales como expansión de ámbito. Los casos más notables abarcan la Isla de Pinos: *Jeanneretia*, *Gongylostoma*, *Rhytidopoma* (Figs. 6, 19, 20, 23, respectivamente). Este último caso también se distribuye en la Península de Guanahacabibes. La Isla de Pinos ha estado muy relacionada con la región occidental de Cuba en diferentes momentos del Terciario y el Cuaternario. Por otra parte, la Isla de Pinos y las Penínsulas de Guanahacabibes y Zapata formaron un continuo, unido a Cuba, de terrenos emergidos periódicamente durante el Pleistoceno Superior. El trazo individual de *Rhytidopoma* es congruente con esta configuración.

El TG2 se superpone con TG1 a través de Guaniguanico. En el caso de TG1 todos los géneros que lo conforman se encuentran restringidos a algunas de las áreas contenidas en dicho TG. Por el contrario, en el caso de TG2 todos los géneros, sin excepción, se distribuyen a la vez en localidades de Guaniguanico y las alturas de la Habana-Matanzas, incluyendo la Isla de Pinos. Sobre la base de estas evidencias, razonamos que ambos trazos generalizados representan congruencias

independientes de historias espacio/temporales distintas, aunque parcialmente coincidentes.

La configuración de TG3 (Habana-Matanzas) (Fig. 6. 26) sugiere una estructuración “sobre la marcha”. Los territorios de la actual Habana-Matanzas que formaron parte de los islotes ancestrales son más antiguos, como terrenos emergidos, que la Península de Guanahacabibes y los espacios al sur de Guaniguanico que atraviesa el trazo. Este patrón podría ser interpretado como una expansión del ámbito ancestral seguido por vicarianza. La distribución particular de algunos de sus taxones se adentra en la región central, como son los casos de *Eutudora* (Fig. 6. 27) y *Tetrentodon* (Fig. 6. 32). Respecto a TG6 (Alturas Centrales-Isla de Pinos) (Fig. 6.39), la mayoría de sus trazos individuales (Figs. 6.40-49) se concentran en las alturas de la Candelaria. La conexión de estas áreas con la Isla de Pinos pudiera ser interpretada como dispersión, pues no existen evidencias de conexión terrestre entre estos territorios.

El TG5 (Fig. 6.36) está conformado por sólo dos géneros (Figs. 6.37-38), distribuidos básicamente en Guamuhaya, pero también en localidades de Candelaria. Aunque el trazo indica superposición espacial congruente, los trazos individuales de los géneros indican expansión, al abarcar diferentes zonas del paleoarchipiélago central. El TG7 (Fig. 6.50) está limitado a las montañas orientales del noroeste y se extiende por un territorio de relieve y génesis diversos, aunque predominantemente de origen volcánico y de sedimentos marinos (carso). La mayoría de los géneros se encuentran limitados al conjunto geomorfológico del noroeste; pero otros, como *Planostemma* y *Ramsdenia* también se extienden a zonas de la sierra Maestra Oriental y Santiago de Cuba (Figs. 6.51-56). Este TG no parece reflejar fenómenos de fragmentación de biotas ancestrales, sino más bien de expansión por parte de los componentes mencionados.

El TG8 (Fig. 6.50) abarca llanuras y mesetas que bordean la Sierra Maestra, las cuales constituyen ambientes ricos en carso (ver Núñez *et al.*, 1989). El trazo individual de *Idiostemma* ilustra muy bien este patrón (Fig. 6.58). Efectuemos un

reanálisis de este TG. *Coryda* y *Polymita* son endémicos de la región oriental, aunque ampliamente distribuidos por la misma (Figs. 6.64-65). Ambos géneros conservan un patrón de distribución congruente con los dos trazos generalizados de la región Oriental. Es decir, básicamente zonas cársicas de las montañas del noroeste y la periferia de la Sierra Maestra, de acuerdo con la distribución de estas formaciones en la región. Si se integra la congruencia en la distribución de los géneros que conforman TG7 y TG8 con la distribución de *Coryda* y *Polymita*, emergen patrones generalizados más perfilados, sobre todo en el caso en el caso de TG8.



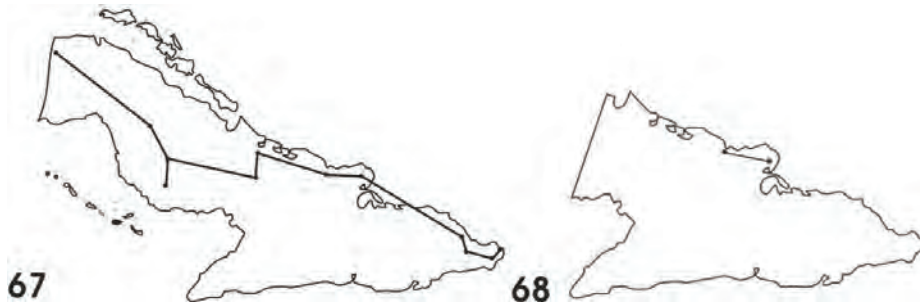
Figs. 6.64-6.65. Trazos individuales de: 63, *Coryda*; 64, *Polymita*

Por otra parte, Banes se añade patrón de montañas del noroeste. (Fig. 6.66). Como se ilustra en la Fig. 6.63, Banes se encuentra demarcado de la región Oriental por una potente falla. Ello convierte entonces al TG7 en un trazo que sugiere expansión, al incluir este trazo un territorio que pertenece a la Región Central. La distribución de *Wrightodura*, endemismo centro-oriental, abarca, al igual que *Polymita*, la región de Gibara-Banes y el norte de las montañas orientales (Fig. 6.67), mientras *Jaumeia* es endémico de dicha región (Fig. 6.68). Ello destaca la región Gibara-Banes como un área interesante desde el punto de vista biogeográfico.



Fig. 6. 66. Trazos generalizados de la región oriental, incluyendo las congruencias espaciales de los géneros Coryda y Polymita.

Si se considera el segmento oriental de los géneros endémicos con distribución nacional (Figs. 6. 69-74), se aprecia la inclusión de Gibara dentro de lo que sería un TG7 ampliado y la emergencia de un patrón aún más robusto, congruente con las áreas cársicas de la Sierra Maestra, aunque en este caso también se incluye la Sierra del Turquino (Fig. 6. 75). Esta configuración pudiera estar expresando una consecuencia de la mayor plasticidad ecológica aportada por los géneros de más amplia distribución. Resulta interesante que el tramo costero entre Pilón y Santiago de Cuba no aparece formando parte de ningún trazo, probablemente debido a lo paupérrimo de áreas cársicas importantes en este espacio geográfico. De este modo, los géneros ampliamente distribuidos resultan informativos cuando se colocan en un contexto articulante con el resto de las distribuciones y contribuyen a la mayor definición de patrones generales.

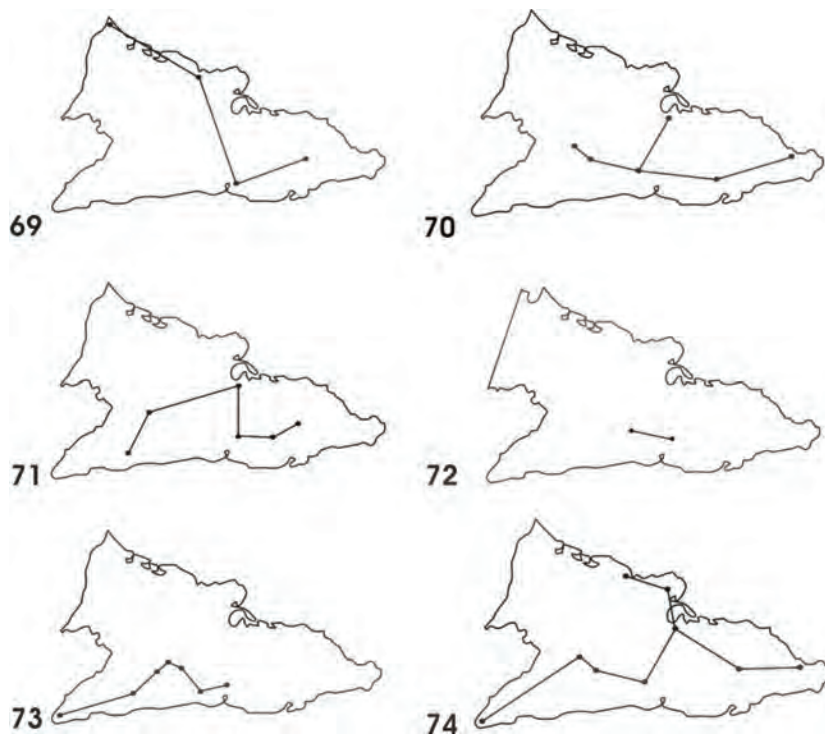


Figs. 6.67-68. Trazos individuales de los géneros: 67, *Wrightodura*; 68, *Jaumeia*.

En resumen, nuestra interpretación del significado biogeográfico de los trazos generalizados se basa en el extraer inferencias a partir del patrón global del trazo en su contexto espacial e histórico particular, y en el análisis del patrón individual, o trazos individuales, de los taxones que lo integran. Así, la superposición o congruencia espacial de un conjunto de taxones podría representar procesos o eventos de expansión o dispersión respecto a una o varias áreas ancestrales, fragmentación de distribuciones más amplias u origen en el propio territorio de superposición espacial, si dicha área o parte de la misma incluyen un área de endemismo. Al mismo tiempo, contemplamos la posibilidad de procesos de especiación no sólo vicariantes o dicopátridos, sino también simpátridos. De igual modo, un trazo generalizado podría estar configurado por la articulación o congruencia de varios de tales procesos, y así sería un trazo “complejo”.

Palmas: el género *copernicia*

Cuba es el principal núcleo de diversificación de este linaje de palmas. En el continente sudamericano existen 4 especies que se distribuyen desde Brasil hasta los llanos de Venezuela. La distribución de las especies en Cuba se tomó de Samek (1973), Borhidi (1996) y de la base de datos de A. López. Las Figs 6.76-84 representan los trazos individuales de las especies cubanas. A partir de la congruencia espacial de los trazos individuales de las especies, se determinaron dos trazos generalizados (Fig.6.85).



Figs. 6. 69-74. Trazos individuales de géneros endémicos de distribución nacional en la región oriental: 69, *Cysticopsis*; 70, *Emoda*; 71, *Farcimen*; 72; *Gongylostomella*; 73, *Troschelvindex*; 74, *Zachrysia*.

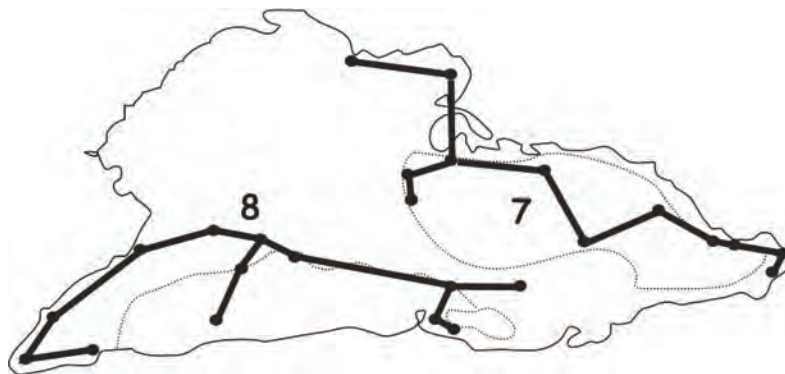


Fig. 6. 75. Trazos generalizados de la región oriental, articulando la distribución de todos los géneros endémicos de Cuba analizados.

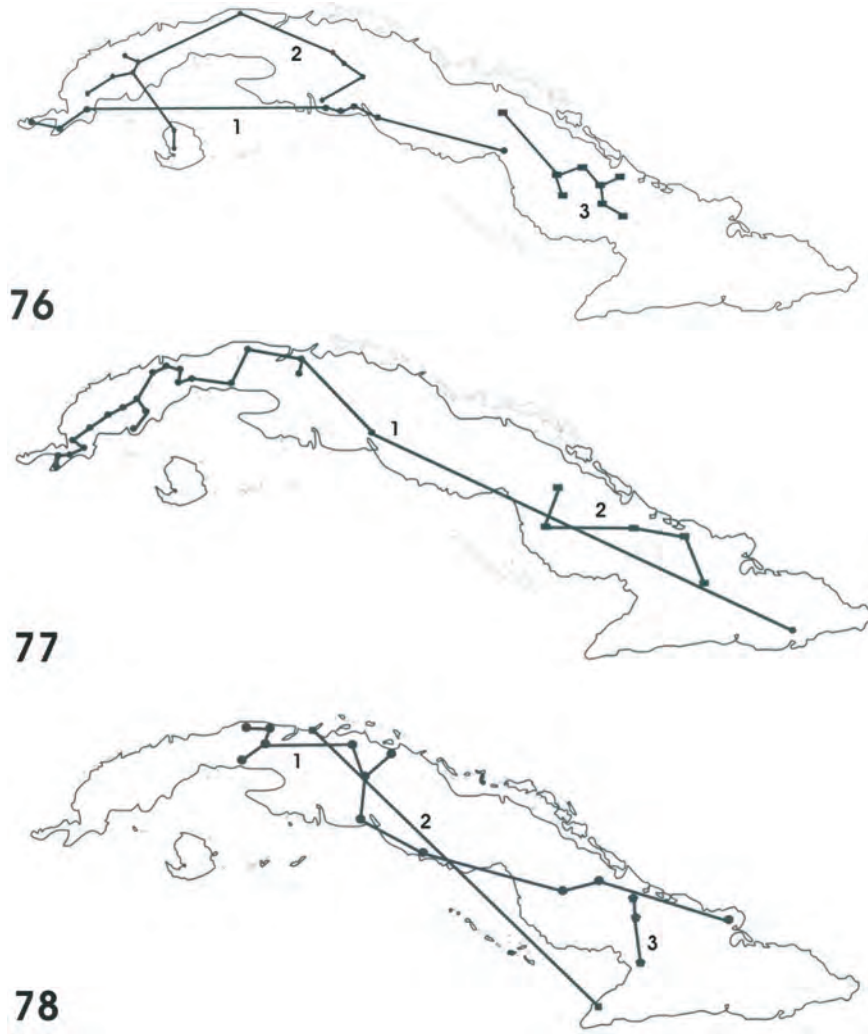
TG1. Occidente-Centro. Especies: *brittonorum*, *curtissi*, *glabrescens*, *macroglossa*.

TG2. Central. Especies: *baileyana*, *burretiana*, *cowelli*, *curbellae*, *fallaensis*, *gigas*, *hospita*, *humicola*, *longiglossa*, *oxycalix*, *rigida*, *roigi*, *sueroana*, *yarei*.

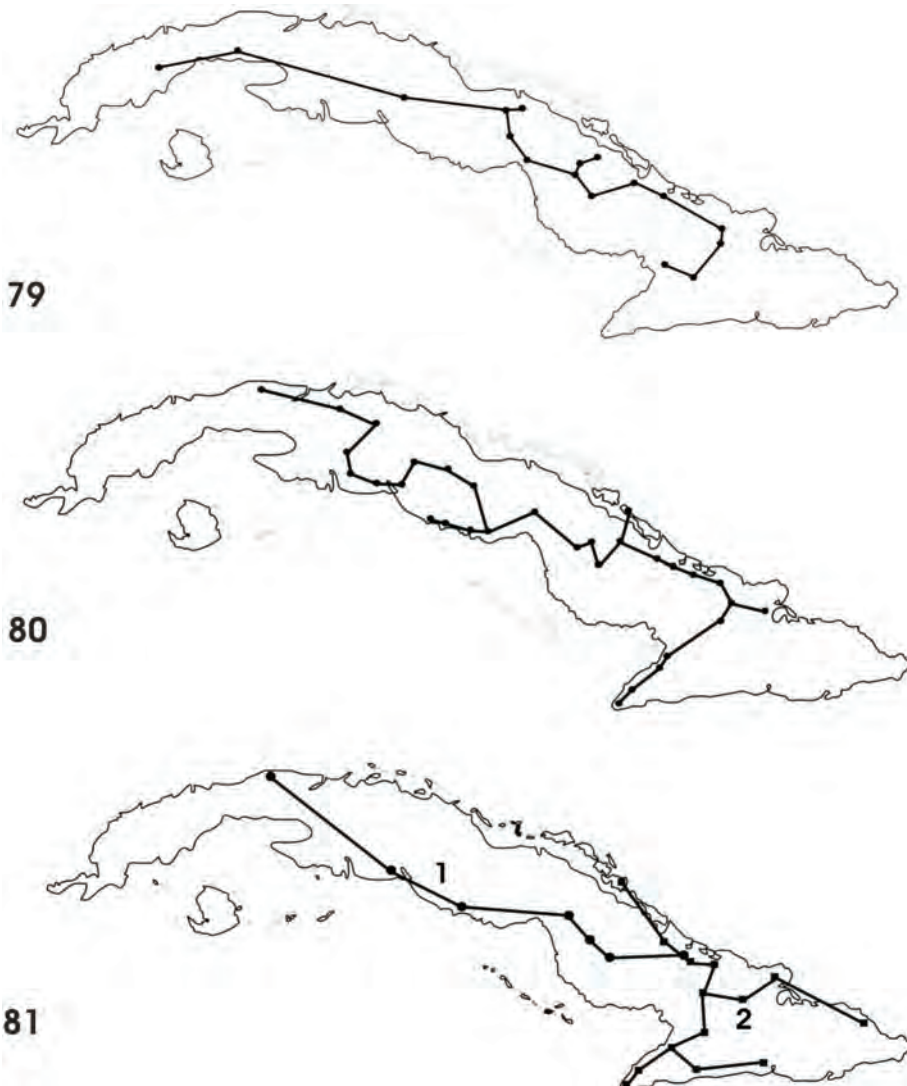
El TG1 se extiende por la Península de Guanahacabibes, el Sur de Guaniguanico, parte de las alturas de la Habana-Matanzas y los alrededores de Cienfuegos. Esta última área constituye el nodo generalizado del grupo en Cuba, y está relacionada con una falla importante (Fig. 6.63). El segundo trazo generalizado comprende los alrededores de Cienfuegos, regiones llanas del Sur de Sancti Spiritus, Ciego de Avila, Camagüey, las Tunas, parte del delta del Río Cauto y el extremo suroeste oriental. Si se compara con el patrón generalizado de los moluscos (Fig. 6. 62A) se observa que las especies de este taxón evitan las regiones

montañosas. Los límites de los trazos se encuentran en zonas llanas o en terrazas marinas. Por otra parte, y también de manera similar a moluscos, no resulta evidente que los trazos generalizados indiquen necesariamente fragmentación de biotas ancestrales. No obstante la distribución de algunas especies acusa un marcado patrón fragmentado actual, por ejemplo, *C. brittonorum*, *C. curtissi* (Fig. 6.76), *C. glabrescens* (Fig. 6.77), *C. humicola* (Fig. 6.78) y *C. rigida* (Fig. 6.83).

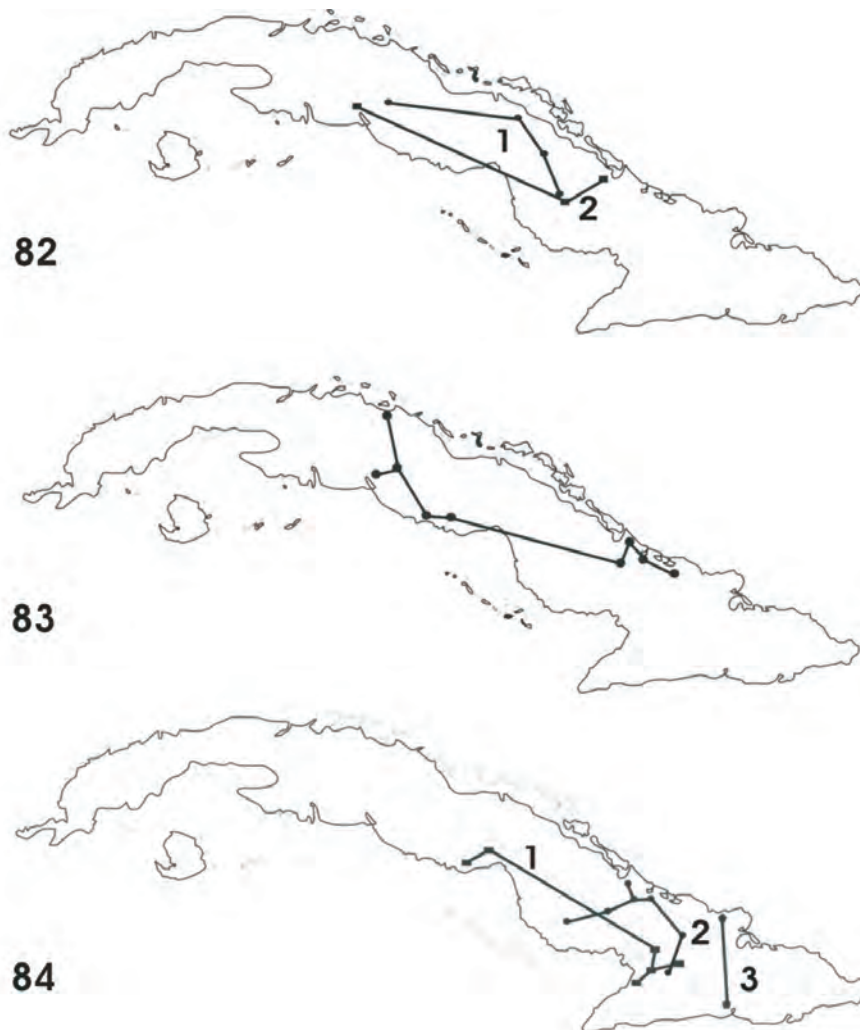
Las zonas llanas de Cuba han sido muy afectadas por transgresiones y regresiones marinas. Por estas razones, consideramos que la evolución espacial de este género de palmas se encuentra asociado a la “búsqueda” permanente de su óptimo ecológico, en terrenos que han sufrido cambios drásticos en los paisajes. Por lo tanto, los trazos del grupo deben interpretarse en un movimiento que contempla tanto fragmentaciones como expansiones, de acuerdo a la dinámica de los terrenos donde se distribuyen. El origen de este grupo en Cuba es congruente con el modelo GAARlandi (Iturralde-Vinent y MacPhee, 1999), el cual conecta el norte de América del Sur con las Antillas. Sin embargo, en la actualidad, prácticamente sólo *C. roigii* exhibe distribuciones básicamente en el oriente de Cuba. El “centro de masas” del grupo es francamente centro-occidental. Ello sugiere una expansión espacial del o los ancestros, procurando abarcar su máximo espacio de fase posible, equilibrio virtual o espacio biogeográfico óptimo.



Figs. 6. 76-78. Trazos individuales de *Copernicia*: 76, *C. brittonorum* (1), *C. curtissi* (2), *C. cowelli* (3); 77, *C. glabrescens* (1), *C. curbellae* (2); 78, *C. macroglossa* (1), *C. humicola* (2), *C. longiglossa* (3).



Figs. 6.79-81. Trazos individuales de Copernicia: 79, *C. baileyana*; 80, *C. hospita*; 81, *C. burretiana* (1), *C. yarei* (2).



Figs. 6. 82-84. Trazos individuales de *Copernicia*: 82, *C. sueroana* (1), *C. fallaensis* (2); 83, *C. rigida*; 84, *C. gigas* (1), *C. oxycalix* (2), *C. roigii* (3).



Fig. 6.85. Trazos y nodo generalizados del género *Copernicia*.

FILOGENIAS Y PANBIOGEOGRAFÍA

GÉNERO *polymita*

Este pequeño género de moluscos terrestres lo integran seis especies cuyas conchas se consideran entre las más vistosas y diversamente policromadas de todo el planeta. Lomba (2002) realizó un hipótesis sobre sus relaciones filogenéticas (Fig. 6. 86). En la Fig. 6. 87 se representan los trazos individuales de las especies. El trazo generalizado está conformado por la superposición parcial de los trazos individuales de *P. versicolor*, *P. pycta* y *P. brocheri* (Fig 6.88). Este grafo comprende un espacio reducido -en relación con la distribución geográfica del género por la región oriental- a través de la costa entre Santiago de Cuba y Maisí, ambientes semiáridos. Las especies que lo integran no comparten un antecesor común inmediato. De este modo, la supuesta homología espacial en este caso no equivale a homología genealógica. Así, el trazo generalizado de *Polymita* sólo indica congruencia espacial parcial de algunas especies, no directamente relacionadas a través de un antecesor común exclusivo.

Se observan nodos terminales entre *P. muscarum* y *P. sulphurosa* en Sagua de Tánamo, y *P. venusta* y *P. versicolor* en la región de Sardinero-Siboney y Yateras (Fig. 6.89). Sagua de Tánamo también constituye uno nodo para trazos individuales de géneros (Fig. 6.62B) y configura un interesante hiato espacial entre las especies hermanas *P. muscarum*-*P. picta*. Este espacio está ocupado por *P. sulphurosa*, cuyo trazo individual coincide con una región geomorfológica, llanuras de Sagua de Tánamo (Acevedo, 1989b). Es posible apreciar que las especies hermanas de este género son ampliamente vicariantes entre sí, y en sentido general lo son todas las especies del mismo clado.

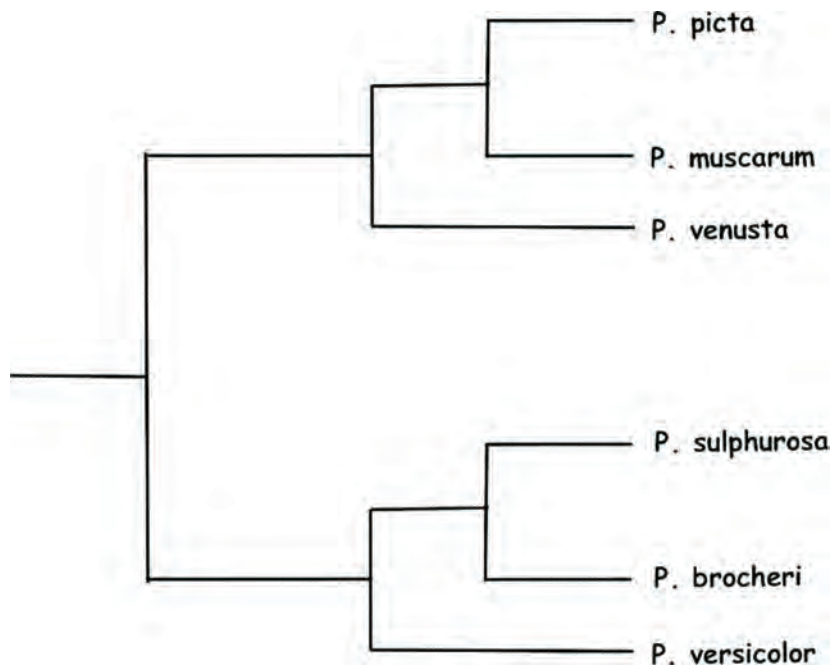


Fig. 6. 86. Hipótesis de relaciones filogenéticas de *Polymita*. Índice de Consistencia: 0.72; Índice de Retención: 0.56.



Fig. 6.87. Trazos individuales de las especies de *Polymita*. A: Trazos del clado conformado por: 1, *P. picta*; 2, *P. muscarum*; 3, *P. venusta*. B: Trazos del clado conformado por: 1, *P. sulphurosa*; 2, *P. brocheri*; 3, *P. versicolor*.

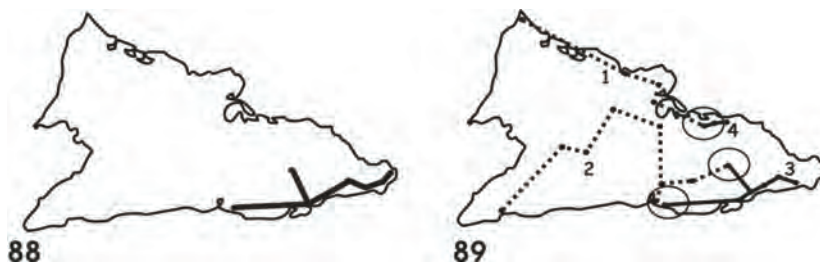


Fig. 6.88-89: 88, Trazo generalizado de *Polymita*; 89, Nodos terminales de: *P. muscarum* (1) y *P. sulphurosa* (4), y *P. venusta* (2) y *P. versicolor* (3).

El grupo *macromischa*

Cuba representa el áreas de mayor diversificación del género *Temnothorax* (ver Fernández y Sendoya, 2004 para detalles de la distribución del resto de las especies). El grupo o taxón *Macromischa* se encuentra restringido a Cuba y La Española, 29 especies en la primera isla y dos especies en la segunda. Este taxón filogenético (Fontenla, 200a) lo integran un grupo parafilético arborícola, conformado por los grupos monofiléticos *sallei*, *gibbifer*, *violaceus*, *squamifer*, *purpuratus* y *punicans* y un grupo petrícola (construye sus nidos en orificios de

formaciones cársicas) monofilético, estructurado por los grupos *iris*, *versicolor* y *porphyritis* (Fig. 6.90).

Las Figuras (6.91-96) muestran los trazos individuales de las especies por cada grupo genealógico/morfológico. En el Capítulo 5 inferimos que las relaciones espaciales en este grupo tienen un fuerte componente reticulado. Ello indica que no sólo la vicarianza es responsable del patrón de distribución de las especies actuales. A continuación, analicemos las relaciones genealógico/espaciales de cada grupo de especies. Nuestro objetivo es intentar articular las relaciones filogenéticas con el patrón actual de distribución y exponer los posibles procesos biogeográficos más racionales.

Grupos arborícolas

Grupo *sallei*. Este clado es el más basal de *Macromischa* (Fig. 6.90) y comprende un espacio geográfico que abarca Guamuha, la Sierra Maestra, Nipe-Sagua-Baracoa y la Española (Fig. 6.91). Las especies cubanas son todas vicariantes.

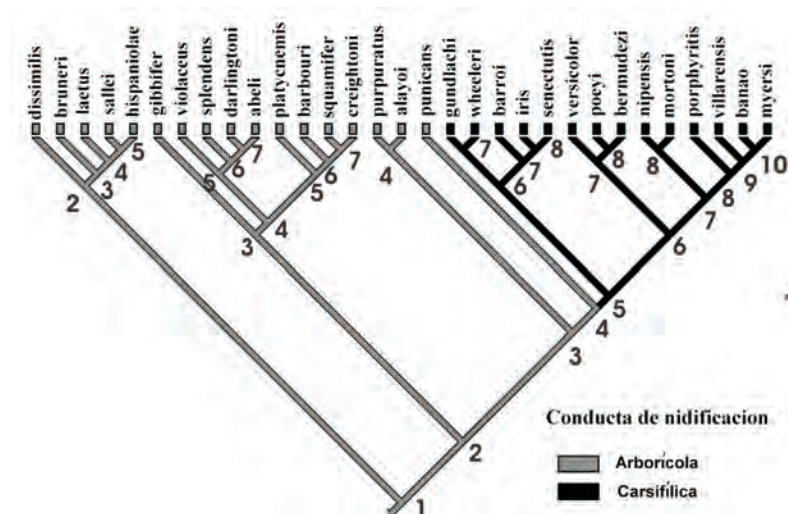


Fig. 6.90. Relaciones filogenéticas del grupo *Macromischa* del género *Temnothhorax*. Cifras indican número de nodos desde la raíz del cladograma.

El patrón espacial-genealógico del grupo sugiere un antecesor ampliamente distribuido entre la región central y la oriental (o entre el archipiélago central, específicamente Guamuhaya, y el archipiélago oriental). De acuerdo con Iturralde-Vinent y MacPhee (1999) estos terrenos se encontraban unidos desde El Eoceno Superior-Oligoceno Inferior. Las especies de la Española se encuentran en el nodo 5 desde la raíz. La Española y la región Oriental de Cuba se separaron durante el Mioceno Medio. Ello sugiere que los eventos de especiación entre los nodos 2-4 preceden a este período y, por consiguiente, los eventos por encima del nodo 5 resultan más recientes. No se conoce la distribución de *T. gibbifer*, la cual conforma el grupo homónimo. De acuerdo con su posición en el cladograma, probablemente se distribuya en alguno de los macizos orientales, o en ambos.

Grupo *splendens* (Fig 6.92). La evolución espacial de este grupo abarca la Sierra Maestra, Nipe-Sagua-Baracoa y las Bahamas. La posición de las especies sugiere un antecesor común distribuido entre ambos macizos. *T. violaceus* (nodo 5) es exclusiva de la Sierra Maestra, *T. splendens* (nodo 6) de Nipe-Sagua-Baracoa y Bahamas y el par *T. abeli*-*T. darlingtoni* (nodo 7) se distribuye por la Sierra Maestra, o sea, son especies hermanas simpátridas. Es posible inferir un dinamismo espacial Sierra Maestra-Nipe-Sagua-Baracoa, recurrente respecto a Sierra Maestra, la cual



Fig. 6.91. Trazos individuales de las especies del grupo *sallei*. 1, *T. dissimilis*; 2, *T. bruneri*; 3, *T. laetus*; 4,5 se refiere a las especies hermanas *T. sallei*-*T. hispaniolae*, de la Española.

aparece dos veces en tiempos distintos (nodos 5 y 7). Ello indica la existencia de movimientos entre ambos macizos. La dispersión de *T. splendens* hacia las Bahamas pudiera haber ocurrido durante el Pleistoceno, donde acaecieron períodos de drásticos descensos del nivel del mar. De este modo se amplió la superficie terrestre de ambos archipiélagos, con la consecuencia de la reducción notable de distancias a través de la barrera marina. Las evidencias geológicas indican que estos territorios nunca estuvieron en contacto. Por esta razón proponemos dispersión para este caso, no aislamiento como resultado de una distribución continua y después fragmentada.

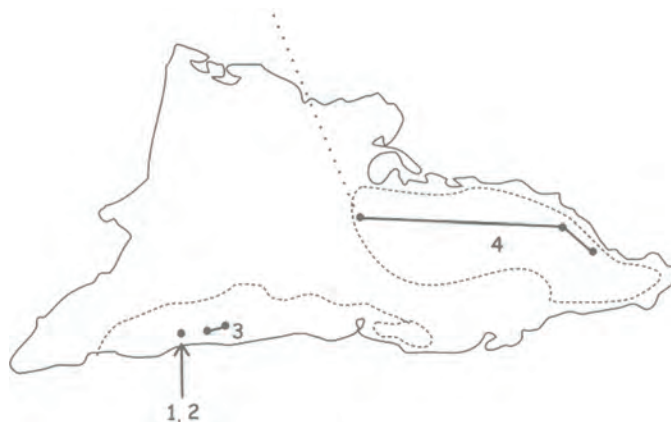


Fig. 6. 92. Trazos individuales de las especies del grupo *splendens*: 1,2, *T. darlingtoni* y *T. violaceus*; 3, *T. bruneri*; 4, *T. splendens*. Líneas discontinuas indican que la especie se distribuye en las Bahamas.

Grupo *squamifer* (Fig. 6. 93). La especie basal del grupo, *T. platycnemis* (nodo 5), se distribuye en Sierra del Turquino, mientras el resto de las especies (nodos 6-7) son centro-occidentales u occidentales. Las relaciones genealógico/espaciales sugieren dos posibilidades. Es razonable concebir un antecesor común ampliamente distribuido entre Sierra Maestra y Las alturas de la Habana-Matanzas o Guaniguanico. La otra variante sería un antecesor común

restringido a la Sierra Maestra, que luego amplió su distribución, una vez que el territorio cubano alcanzó su configuración actual. *T. squamifer* presenta la distribución más amplia de las especies del taxón, la cual engloba Guamuhaya, La Candelaria, las alturas de la Habana-Matanzas y Guaniguanico. Tal patrón introduce una borrosidad en la comprensión de la evolución espacial de este grupo. Sin embargo, las distribuciones de estas especies son congruentes en las alturas centro-occidentales. Si asumimos la especiación alopátrida como más probable en este caso, entonces *T. squamifer* pudiera haberse originado en las alturas centrales, *T. creightoni* en las centro-occidentales y *T. barbouri* en el entorno del Pan de Guajaibón-Sierra del Rosario. El patrón es también congruente con origen de *T. squamifer* en Habana-Matanzas con posterior expansión espacial. En este grupo se infiere la ocurrencia de un gran dinamismo espacial y una “progresión” espacial hacia el occidente, la cual comienza a ocurrir a partir del nodo 5.



Fig. 6. 93. Trazos individuales de las especies del grupo *squamifer*. 1, *T. platycnemis*; 2, *T. barbouri*, 3, *T. squamifer*; 4, *T. creightoni*. Nodo indica superposición de *T. squamifer* y *T. barbouri* en el Pan de Guajaibón.

Grupos *purpuratus* y *punicans* (Fig. 6.94). Son grupos antiguos, pues se corresponden con el nodo 4 desde la raíz (Fig. 6.90), distribuidos entre Nipe-Sagua-Baracoa y la porción Oriental de la Sierra Maestra. La distribución de *T. alayoi* está anidada dentro de la distribución de su especie hermana, *T. purpuratus*, es decir, constituyen especies hermanas simpátridas. *T. purpuratus* tiene una amplia distribución a través de la porción oriental de la Sierra Maestra y Nipe-Sagua-Baracoa. No es posible inferir si la simpatría actual con su especie hermana sea un fenómeno secundario o primario. La especie *T. punicans* marca la transición o discontinuidad, tanto desde el punto de vista filogenético como morfológico entre el grupo arborícola y el petrícola (Fontenla, 200a, b). Su distribución es parcialmente congruente con *purpuratus-alayoi*, entre Moa y Maisí.

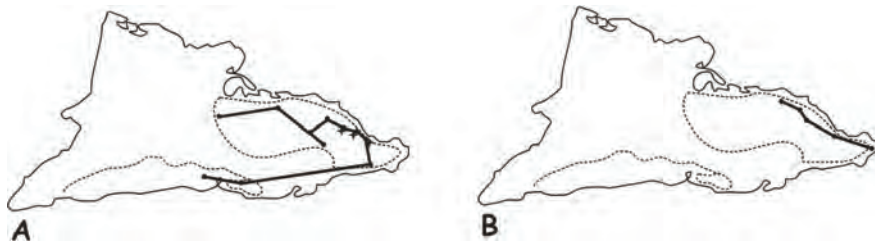


Fig. 6.94. Trazos individuales de: A, *T. purpuratus* (círculos), *T. alayoi* (estrellas); B, *T. punicans*.

Clado petrícola

Las especies de este grupo genealógico-ecológico-morfológico comienzan a aparecer en el nodo 7 desde la raíz, justo cuando culmina la evolución de las especies arborícolas. Las primeras especies actuales del grupo se observan en áreas de

Guamuhaya, las alturas de la Habana-Matanzas o en Guaniguanico. Todas estas relaciones sugieren un antecesor común de *punicans* + el clado petrícola en la región oriental, posiblemente en Nipe-Sagua-Baracoa, que luego se desplazó hacia el centro-occidente de la isla.

Grupo *iris*. (Fig. 6.95). Las especies del nodo 7 se corresponden con las áreas de Guamuhaya, Sierra de los Órganos y Sierra del Rosario. El antecesor común de todo el grupo debió estar distribuido entre Guaniguanico y Guamuhaya. No existe ninguna especie de este grupo en las alturas de la Habana-Matanzas. Existe un patrón vicariante marcado entre las especies hermanas *T. wheeleri* (Alturas de Trinidad-Candelaria) y *T. gundlachi* (Sierra de los Órganos) y entre *T. barroi* (Sierra del Rosario) + *T. senectutis*-*T. iris* (Sierra de los Órganos y básicamente Pan de Guajaibón). Estas dos últimas especies hermanas superponen sus distribuciones en la Sierra de San Andrés, extremo oriental de la Sierra de los Órganos. Con este grupo emerge de nuevo el patrón biogeográfico disjunto Sierra de los Órganos-Pan de Guajaibón.

Grupo *versicolor* (Fig. 6. 96) Los trazos individuales indican un patrón vicariante entre *T. versicolor* (Habana-Matanzas) respecto a las especies hermanas *T. bermudezi*-*T. poeyi* (Guaniguanico), las cuales son ampliamente simpátridas entre sí. El antecesor común de este grupo debió tener una distribución que abarcaba Guaniguanico + las alturas de la Habana-Matanzas. La distribución de *T. versicolor* sugiere expansión hacia Isla de Pinos-Guanahacabibes y ulterior fragmentación post-pleistocénica, cuando estos territorios quedaron fragmentados entre sí y del sur de la Habana.



Fig. 6. 95. Trazos individuales del grupo *iris*: 1, *T. wheeleri*; 2, *T. gundlachi*; 3, *T. barroi*; 4, *T. senectutis*; 5, *T. iris*. Nodo indica la convergencia de las distribuciones de las especies 2, 4 y 5. *T. senectutis* sólo se conoce del espacio indicado por el nodo, el cual indica convergencia de distribución de las especies 2, 4 y 5.

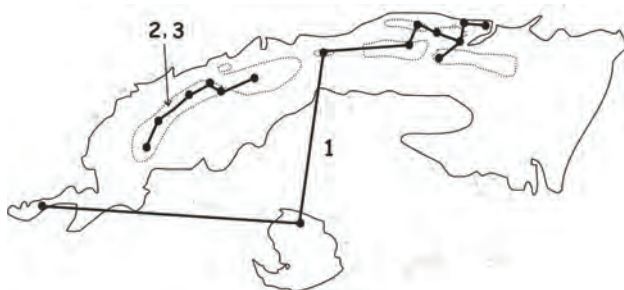


Fig. 6. 96. Trazos individuales de las especies del grupo *versicolor*: 1, *T. versicolor*; 2, 3 indican la distribución superpuesta de *T. bermudezi* y *T. poeyi*.

Grupo *porphyritis* (Fig. 6. 97). Las relaciones filogenéticas y el patrón de trazos individuales de este grupo sugieren un dinamismo notable. Las especies basales del grupo aparecen en el nodo 8. Por una parte, el clado *T. nipensis*-*T. mortoni* es vicariante en zonas cársicas de la región oriental. El otro clado de este grupo se corresponde también con el nodo 8, pero *T. porphyritis* vive en las alturas de la Habana-Matanzas y es vicariante con el clado (*T. villarensis* (*T. banao*-*T. myersi*)) de Guamuhaia-Candelaria. La última especie, *T. myersi*, también se distribuye por

Habana-Matanzas. De estos patrones se infiere al antecesor común del grupo distribuido entre el oriente y el centro-occidente de la isla. De acuerdo a lo reflexionado con anterioridad, el antecesor común de todo el grupo petrícola debió tener un origen oriental. Las primeras especies aparentemente se originan tanto en el centro como en el occidente (nodo 7), y de nuevo ocurre un movimiento hacia el oriente (nodo 8) y el centro (nodos 9 y 10).

Detengámonos en estos eventos. El antecesor común hipotético de los grupos *versicolor* + *porphyritis* se ubica a seis nodos desde la raíz del cladograma (Fig. 6. 90). El siguiente evento dicotómico (nodo 7) origina, por un lado, al grupo *versicolor*, cuya especie basal se distribuye por Alturas de la Habana-Matanzas, mientras por otro lado al antecesor común del grupo *porphyritis*. En la siguiente bifurcación (nodo 8) encontramos, en una de las ramas, a especies orientales (*nipensis-mortoni*), mientras en la otra rama la especie basal se distribuye por las alturas de la Habana-Matanzas (*porphyritis*). De todo ello se infiere un dinamismo espacial que abarca, desde las alturas de la Habana Matanzas hasta la región oriental. La combinación de los patrones de relaciones filogenéticas y espaciales entre las especies de todo el clado petrícola sugieren amplios desplazamientos espaciales, primero desde el oriente hacia el occidente y luego a la inversa.



Fig. 6. 97. Trazos individuales de las especies del grupo *porphyritis*: 1, *T. mortoni*; 2, *T. nipensis*; 3, *T. porphyritis*; 4, *T. villarensis*; 5, *T. banao*; 6, *T. myersi*.

Sobre la base de la congruencia espacial de los trazos individuales se distinguieron los siguientes trazos generalizados (Fig. 6.98):

TG1. Guaniguanico (Excepto Pan de Guajaibón). Especies: *T. bermudezi*, *T. gundlachi*, *T. iris*, *T. poeyi*,

TG2. Alturas de la Habana-Matanzas-Isla de Pinos. Especies: *T. creightoni*, *T. porphyritis*, *T. versicolor*.

TG3. Guamuhaya-Candelaria. Especies: *T. myersi*, *T. squamifer*, *T. villarensis*, *T. wheeleri*.

TG4. Cordillera del Turquino. Especies: *T. abeli*, *T. bruneri*.

TG5. Gran Piedra-Imías-Baracoa-Moa-Pinares de Mayarí. Especies: *T. alayoi*, *T. laetus*, *T. punicans*, *T. purpuratus*, *T. splendens*.

Los trazos generalizados se corresponden con los principales macizos montañosos de la isla. Cada trazo generalizado se localiza en una única región geográfica (occidente, centro occidente, centro u oriente), aunque puede comprender más de un conjunto de elevaciones dentro de una región. Tal es el caso de **TG3**, el cual comprende dos sistemas orográficos bien diferenciados: Guamuhaya y las Alturas de la Candelaria. Por su lado, **TG5** se extiende por Nipe-



Fig. 6. 98. Trazos generalizados del grupo *Macromischa*. Ver texto

Sagua-Baracoa y Gran Piedra, que pertenece geográficamente a la Sierra Maestra. Otro trazo generalizado que comprende áreas disjuntas es **TG2**, conector de las Alturas de la Habana-Matanzas con las alturas del Norte de Isla de Pinos, de estructura cársica. Isla de Pinos y Cuba estuvieron en contacto paleogeográfico durante diferentes períodos dentro del Cuaternario. No se conocen especies de *Macromsicha*, ni en las llanuras de la Habana-Matanzas ni en otras localidades de Isla de Pinos. Como se mencionó, **TG3** conecta los dos macizos principales de la región central de Cuba, pero las especies que lo integran también se distribuyen a través de pequeñas elevaciones entre ambos macizos, por lo cual dicho trazo no es estrictamente vicariante. Por último, **TG5** conecta en apariencia espacios disjuntos entre la Sierra de la Gran Piedra y Nipe-Sagua-Baracoa. Hasta el momento, no se conocen especies de este grupo en áreas intermedias.

Si se compara la composición de los trazos generalizados con las relaciones filogenéticas entre las especies, es evidente que las relaciones de congruencia espacial no explican, por sí solas, la compleja evolución espacio/temporal de este taxón. Los trazos generalizados sólo nos ilustran acerca de los espacios de máxima congruencia y nos ubican en la geografía básica donde se ha desarrollado la evolución espacial del grupo. También nos muestran los espacios donde han ocurrido las disyunciones principales. De acuerdo con lo discutido, los espacios signados por los TG, en efecto, han constituido territorios cruciales en la evolución espacio/temporal del taxón. No obstante, estos espacios aparecen desarticulados entre sí. Así, el intenso dinamismo espacial que ha caracterizado la historia de estas hormigas resulta invisible. Un trazo generalizado puede integrar varios niveles de sentido: área ancestral, área de endemismo y superposición parcial de espacios geográficos. Pero sólo a partir de estos grafos no es posible realizar inferencias acerca del notable dinamismo espacial revelado cuando articulamos las relaciones genealógicas y la distribución actual de las especies.

El diálogo entre filogenia y distribución articula los espacios disjuntos entre trazos generalizados. Como hemos observado en el análisis de los grupos

genealógicos-morfológicos, existen estrechas relaciones entre especies del oriente, el centro y el occidente de la isla y es posible inferir un notable dinamismo espacial, con amplios movimientos recurrentes. La evolución genealógica/espacial de *Macromischa* se ha caracterizado globalmente por lo siguiente:

1. Eventos vicariantes muy antiguos entre Guamuhaya y los macizos orientales
2. Evolución espacial exclusivamente oriental entre los nodos 3-5 desde la raíz, incluida la separación Cuba-Oriental- La Española.
3. Génesis de especies en el occidente de Cuba a partir del nodo 6. (especies arborícolas). Estos eventos pudieron comenzar a ocurrir después del cierre del canal Habana-Matanzas, durante el Mioceno Superior.
4. Culminación de la evolución del grupo de especies arborícolas en el nodo 7, con especies tanto en oriente como en el centro y occidente.
5. Génesis de especies petrícolas a partir del nodo 7 en Guamuhaya, alturas de la Habana-Matanzas y Guaniguanico.
6. La especie de *Macromischa* más cercana a la raíz del cladograma (*T. dissimilis*, nodo 2) se distribuye en Guamuhaya, donde a su vez también se encuentran las más alejadas de la raíz. De manera que en este territorio se han desarrollado, de manera recurrente y reticulada, los episodios de especiación más antiguos y más recientes en la evolución del taxón.
7. La evolución espacial del grupo a partir del nodo 7 se concentra en la región centro-occidental de Cuba.
8. No parece existir fases ordenadas de “movilismo” e inmovilismo” en la evolución del taxón, según proponen algunas visiones de la panbiogeografía. Por ejemplo, entre los nodos 6-7 se observa la génesis de especies tanto en el Oriente como en el Centro y el Occidente de la isla. Por otro lado, cinco de las siete especies posicionadas en el nodo 8 se distribuyen

exclusivamente en Guaniguanico y las Alturas de la Habana-Matanzas; es decir, en la región Occidental. Sólo el antecesor común de *mortoni-nipensis* aparentemente se desplazó de manera dramática desde el occidente hasta el Oriente.

9. No existen nodos panbiogeográficos generalizados. No obstante, la articulación de las relaciones entre las formas, el tiempo y el espacio nos muestra que el macizo de Guamuhaya se ha comportado como un verdadero cruce de caminos, escenario y contexto de eventos prístinos y tardíos (nodos desde la raíz: 2, 7, 8, 9 y 10) en la evolución de taxón. De este modo, Guamuhaya emerge como un nodo, si no panbiogeográfico en sentido estricto, sí como una localidad que representa un verdadero nodo histórico, un “punto caliente” en la evolución espacio/temporal de este taxón, donde se encuentran especies pertenecientes a 4 linajes de *Macromischa*, distribuciones resultantes de una auténtica telaraña biogeográfica.

UNA INTERPRETACIÓN ALTERNATIVA DEL TRAZO PANBIOGEOGRÁFICO

En conclusión, un trazo biogeográfico es un grafo que representa o simboliza una expresión fenomenológica autorreferencial para el taxón que lo conforma, desde el momento que el trazo es el resultado de la emergencia entre la historia y la ecología del taxón, incluyendo eventos de azar, de alea ambiental, que han influido en su configuración. Un trazo personifica la geometría o forma del espacio biogeográfico de un taxón, de su trayectoria infodinámica. Por ejemplo, los trazos generalizados de los géneros endémicos de moluscos configuran un patrón espacial asociado a una ecología básica para el grupo: los espacios cársicos del archipiélago. Tanto los moluscos como *las* hormigas estudiadas se encuentran

básicamente asociados a relieves montañosos. Por el contrario, en el patrón global de las palmas *Copernicia* se observa que los trazos tienden a “evitar” las montañas, y se extienden fundamentalmente por espacios de llanuras.

Sobre la base de lo anterior, podemos afirmar que un trazo es un vector *eigen*, porque representa una trayectoria infodinámica que tiene sentido *para sí misma*. Es un fenómeno discreto y único, no es universal. Por consiguiente, todos los trazos no pueden tener *únicamente* un solo sentido o significado: la fragmentación de una distribución o biota ancestral, como generalmente se propugna y se trasluce en sentido general en la panbiogeografía. De acuerdo con Von Foerster (1998), un fenómeno eigen tiene propiedades discretas, no universales. De igual modo, un trazo generalizado, desde el momento que implica la superposición o congruencia de secciones o trazos individuales completos, es decir de la superposición parcial o total de fenómenos eigen, tampoco puede significar un fenómeno que admite una exclusiva interpretación universal. La interpretación de un trazo debe ser sólo aquella congruente con el sentido y el contexto de las congruencias que explicita.

En términos de causalidad, una interpretación única (considerada en un sentido universalizante, no en cuanto a la descripción del sentido probable de un fenómeno singular e irrepetible), para un trazo es equivalente a la concepción aristotélica del *desarrollismo de uno* (ver Capítulo 3). Un análisis articulante, dialógico, entre distribución, ecología, filogenia e historia general del contexto paleogeográfico equivale a una interpretación hermenéutica, de *desarrollismo de muchos*. El desarrollismo de uno es también equiparable al discurso de la identidad fenomenológica como lógica identitaria, reduccionista y clasificatoria, paralizante en cuanto a sentido e interpretaciones. De modo implícito, el desarrollismo de muchos expresa el reconocimiento de una identidad fluyente, incluso incierta y borrosa, pero ciertamente particular y abierta a la multiplicidad y riqueza de sentidos interpretativos. En resumen, significa el reconocimiento de una identidad compleja. Retomemos a Ciurana (2001a), cuando subraya que toda reducción de las interacciones a la lógica de la identidad significa la paralización de tales

interacciones. Ello conlleva a la aniquilación de la temporalidad; significa reducir al individuo al punto de una línea y tal línea simboliza una “...fe cierta en una trayectoria, en un movimiento regular que empieza aquí y acaba allá y resulta por ello anticipable”.

En lo anticipable alienta la esencia misma de la *sancta simplicitas*, pero no necesariamente es manifestada así la fenomenología real del mundo.

¿ORTOGÉNESIS PANBIOGEOGRÁFICA O HISTORIAS COMPLEJAS?

El género *Pinus* tiene 4 especies en Cuba. De manera natural, existen dos polos disjuntos en la distribución. *P. caribaea* y *P. tropicalis* se distribuyen por el occidente*. Las otras dos especies están restringidas a la región oriental. *P. cubensis* se distribuye en Nipe-Sagua-Baracoa y *P. maestrensis* en la Sierra Maestra. Gernandt *et al.* (2005) realizaron un análisis filogenético del género. De acuerdo con este estudio, todas las especies cubanas pertenecen al subgénero *Pinus*. Las dos especies orientales son especies hermanas y, junto con *P. caribaea*, se ubican en la sección *Trifoliae*, donde se encuentran especies con distribución centro y norteamericana. Por su lado, *P. tropicalis* está incluido en la sección *Pinus*, y constituye un clado con las especies *P. merkusii*-*P. massoniana*, cuya distribución conjunta abarca desde Indochina hasta Borneo. Sólo otra especie de esta sección, *P. resinosa*, vive en América, alrededor de los grandes lagos norteamericanos. En resumen, las especies de pinos de Cuba pertenecen a dos linajes diferentes.

Realicemos una interpretación de estos hechos. En sentido general, los pinos se distribuyen a lo largo de América del Norte hasta Nicaragua y Las Antillas

*El estado taxonómico de la población de *P. caribaea* de las Bahamas se encuentra en reanálisis (Gretel Geda, comun. pers.).

Mayores, y a través de Eurasia hasta Borneo. No se encuentran ni en América del Sur, ni en la región istmeña de América Central, ni tampoco en África, la India y Australasia. Este patrón actual sugiere una distribución ancestral a través del supercontinente norteño de Laurasia. Obviamente, el modelo GAARlandia, conector del Norte de América del Sur con las Antillas, no explica la presencia del linaje de los pinos en este archipiélago. De manera tradicional, se han propuesto otras vías, como la Cresta de las Islas Caimán, relacionada geológicamente con la Sierra Maestra. Esta vía resulta congruente no sólo con la distribución de los pinos en América y del linaje *Trifoliae* en Las Antillas Mayores, sino con la distribución de muchos taxones de las Antillas Mayores relacionados con el sur de Norteamérica y América Central. La distribución actual de *P. caribaea*, confinada al extremo occidental de Cuba, puede considerarse relictica. Se han encontrado restos de poblaciones extinguidas de esta especie en Ciego Montero (Berri, 1934), y en los depósitos de asfalto de las cercanías de Cárdenas (Identificado por A. López). Ambas localidades se encuentran en espacios que delimitan la región centro-occidental de la central.

Por otra parte, la distribución de las especies de la sección o linaje *Pinus* es básicamente euroasiática. El hiato entre *P. resinosa* y *P. tropicalis* sugiere extinciones intermedias, posiblemente resultante de una “vicarianza dinámica”. *P. tropicalis* aparenta tener una antigüedad mínima de unos 40 ma (Gretel Geada, comun. pers.). Esta edad la ubica en el Paleoceno. La distribución actual en el extremo occidental de Cuba la interpretamos como un patrón ancestral. Nos atrevemos a exponer que este taxón es uno de los más antiguos del archipiélago cubano. Ello nos impele a suponer una relación con el movimiento del protoarchipiélago de las Antillas en las cercanías del bloque continental norteamericano, y con su permanencia a través de conflictivos territorios evanescentes. Esta relación es de igual modo congruente con otros taxones muy longevos, como la palma corcho (*Mycrocycas calocoma*) y el almiquí (*Solenodon cubanus*). Estos últimos taxones también se distribuyen o se distribuyeron por la región occidental.

Las dos especies del linaje *Pinus* en América, separadas geográficamente por un amplia disyunción espacial, podrían representar un origen independiente, resultado de mezclas de caracteres, que nos hacen identificarlas como miembros de la sección *Pinus*, y no dentro de la sección *Trifoliae*, que es la predominante en América. Estas especies habrían evolucionado ortogenéticamente hacia *Pinus*. La interpretación anterior se encuentra acorde al racionalismo de la ortogénesis panbiogeográfica. Pero la rechazamos con vehemencia. Pensamos que el linaje *Pinus* se encontró ampliamente distribuido por el territorio laurásico, aunque tal vez siempre tuvo una diversidad taxonómica superior (un “centro de masa”) en Laurasia oriental. Con posterioridad a la fragmentación de Laurasia, el linaje sufrió una drástica reducción en su ámbito geográfico occidental. Un caso semejante a *Pinus* es el de la arcaica planta *Magnolia*, que se distribuye en la actualidad en Asia Oriental, México y Cuba. En la isla presenta una distribución vicariante entre el Macizo de Guamuhaya y los macizos orientales. Se conocen fósiles en América del Norte; por consiguiente, esta distribución es congruente con una amplia área ancestral laurásica y posteriores extinciones en América del Norte.

De igual modo, existen relaciones de forma y espacio en las Antillas sugestivas de conexiones con el supercontinente ancestral Gondwana, según interpretaciones realizadas sobre la base de hormigas conservadas en ámbar miocénico de la Española. Por ejemplo, Andrade (1994) postula para algunas especies de *Anochetus* de este ámbar una mayor relación con especies de Oceanía. Andrade (1995) también señala que *Aphaenogaster amphioceanica* muestra afinidades más estrechas con especies de Indomalaya y Madagascar. Por su lado, Baroni-Urbani (1995) precisa para dos especies de *Pheidole* de la Española una relación estrecha entre sí, pero con afinidades externas en Indomalaya, Australia y Oceanía. Otro caso interesante es la presencia de una especie de *Leptomymex*, género que en la actualidad sólo se localiza en Australia. Las hormigas cubanas del género *Prenolepis* muestran, de igual modo, relaciones filogenéticas más estrechas con especies de África y la India, lo cual también indica afinidades Gondwánicas

(Fontenla, 2000c). De este grupo no se conocen especies en América del Sur; pero entre la alternativa de invocar para estos casos un origen ortogenético o una extinción de relativos en el área, acogemos esta última interpretación.

EXPLICACIONES EN BIOGEOGRAFÍA: ENTRE LA SIMPLICIDAD Y LO HERMENÉUTICO-TRANSDICIPLINAR

La ciencia busca explicaciones racionales y con sentido para los fenómenos y sistemas de fenómenos que observamos y co-construimos. Para explicar tenemos que interpretar dentro de un horizonte de sentido determinado y seleccionar el tipo de explicación. Y la vía a través de la cual fluye y toma forma la información implícita en las explicaciones puede ser a través de modelos hipotéticos-deductivos, inductivos o narrativos. Es decir, que cualquiera de estas vías explicativas aparecen como modos legítimos para comprender una fenomenología dada. Sin embargo, y como mencionamos en el capítulo anterior, existe la tendencia de rechazar explicaciones narrativas en la biogeografía histórica. Las narrativas se han asociado con la construcción de escenarios biogeográficos “al efecto” y con la aceptación de dispersión desde centros de orígenes o a través de grandes distancias. Es decir, las narrativas se relacionan con explicaciones inductivas, sin valor universal, irrefutables y, por lo tanto, no científicas. Las explicaciones validas son aquellas emanadas de la congruencia entre patrones de relaciones filogenéticas, o patrones de distribución, con eventos geológicos, ya sean estos últimos reales o asumidos.

De manera explícita, las explicaciones en biogeografía quedan subordinadas a causas eficientes externas. Así se aprecia, por ejemplo, cuando Ebach y Humphryes (2003) declaran que los procesos geológicos externos representan el sentido común de la biogeografía, en lugar de explicaciones narrativas. En el peor de los casos, en el ámbito biogeográfico la narrativa ha sido tildada de “despreciable” (Nelson, 1978), y recomendada por todos los medios su desestimación (Llorente, 2000; Grehan, 2003;

Heads, 2005a). Al mismo tiempo, no resulta nada infrecuente encontrar en los discursos biogeográficos que los modelos geológicos no necesariamente refutan hipótesis biogeográficas. Por otra parte, fenómenos como eventos climáticos son fuerzas externas a los fenómenos biogeográficos, y potencialmente agentes causales de modificaciones en la distribución, pero tampoco escapan de ser catalogados dentro de un contexto narrativo. De hecho, algunas disquisiciones panbiogeográficas ignoran el conocimiento geológico del momento y proponen, por lo tanto, hipótesis biogeográficas autosuficientes e irrefutables.

Rosen (1988a) ha aseverado que la biogeografía cladística contrasta sus patrones generales por congruencia, no por hipótesis-deducción. Por otro lado, las narrativas no representan no-ciencia, sino conforman una parte inevitable e integral de las ciencias. Rosen cuestiona que el modelo hipotético-deductivo sea la única vía de proceder en biogeografía y que las narrativas no contribuyan en nada a la disciplina de marras. Argumenta que las narrativas no son autoritarias, pues permiten construir explicaciones en términos de creencias rivales en vez de inferencias rigurosas. De manera similar, Lobo (1999) propone, ante todo, explicaciones interpretativas en la biogeografía (narrativas) y, si es posible, la aplicación de modelos hipotético-deductivos. Incluso, Lobo admite que las explicaciones en biogeografía no requieren necesariamente historias genealógicas, pues, en primer lugar, la disciplina estudia las consecuencias espaciales de la evolución. Ese representa también el enfoque básico de la panbiogeografía.

Grant (2002) define dos tipos generales de explicaciones: 1. Explicaciones universales y predictivas. 2. Ideográficas. Las primeras se enmarcan dentro del *canon* nomológico o hipotético-deductivo por cobertura de leyes universales: enfatizan regularidades en patrones y procesos. Por el contrario, las explicaciones ideográficas discernen diferencias e interpretan eventos y entidades individuales, trayectorias históricas. Estas son explicaciones históricas o retroductivas, las cuales también pueden ser sometidas a pruebas, tanto teóricas como filosóficas. En el primer tipo de prueba, se analiza si las operaciones de descubrimiento son o no

coherentes con teorías bien establecidas, mientras que en el terreno filosófico se verifica si estas operaciones son o no coherentes con principios lógicos y epistemológicos. Kluge (2002) esgrime que la inferencia de individuos históricos es mejor comprendida como identificación o retroducción, no predicción o estimación. La inferencia de individuos históricos se visualiza a partir de operaciones de descubrimiento, en la exploración del conocimiento de algo. Las predicciones o prognosis de eventos históricos deben estar basadas en casos individuales. Esto último resulta congruente con la explicación narrativa.

Con anterioridad, pero desde esta perspectiva, Lewontin (1991) manifestó que el pensar la ciencia como sistema consistente de enunciados universales, contrapuestos a enunciados históricos es “basura”. “De hecho -enfatisa Lewontin- una buena parte del cuerpo de la investigación biológica y el conocimiento consiste de enunciados narrativos; el narrativismo en biología es una vía de reconocimiento de una complejidad imposible de eliminar”. Por su lado, Depew y Dewey (1995) consignan: “pensar si condiciones particulares, en conjunción con leyes universales, producen predicciones deterministas del estado subsiguiente de un sistema es un artefacto conceptual de la visión del mundo Laplaceana. En un mundo asumido complejo, la iluminación explicativa depende más de hallar a cuál nivel y escala un sistema esta operando y qué, si es que hay algo, se encuentra manteniendo las condiciones de límites. Las explicaciones a partir de leyes generales no respetan el carácter único de los eventos individuales de la complejidad, o la forma en que se relacionan. *Sólo la explicación narrativa es capaz de hacerlo*. ... La perspectiva de leyes de cobertura o la hipotético-deductiva de las explicaciones científicas, refleja un mundo en el cual cada sistema es concebido como simple”.

Por su lado, Juarrero (1999) expone que la filosofía y la ciencia modernas mayoritarias no permiten discontinuidades o sorpresas, porque un universo determinista excluye toda forma de azar y de no- linealidad. La comprensión de lo causal y lo explicable requiere que el *explanandum* sea identificable con lo generalizable y lo repetible. Desde esta cosmovisión, el objeto o fenómeno *in situ*,

para ser explicado, debe primero ser despojado de lo que caracteriza a su individualidad concreta, de manera que sea algo para siempre y en cualquier lugar. Con estos modos, el objeto no puede evolucionar, sino, en el mejor de los casos, sólo desarrollarse; así, siempre, una ley de cobertura lo capturaré en todas sus características esenciales. Esta ley invariable constituye un *explanans* ideal. Para Juarrero, la deducción “desempaca” lo que está implícito en las premisas, pero oculto a la vista. Requerir que todos los fenómenos deben ser subsumidos bajo leyes de cobertura nos deja con un universo desprovisto de novedad y creatividad.

Para la ciencia, la experiencia sólo es válida si es confirmada empíricamente. Lo importante es lo repetible, pero, entonces, por definición, la experiencia tiene que abolir su historia, porque toda historia es única e irrepetible. Los fenómenos no-lineales, esencialmente históricos, no son factibles de ser explicados deductiva-nomológicamente porque no se encuentran justamente ahí, esperando a ser “desempacados” y explicados en consecuencia. Los eventos históricos constituyen trayectorias discontinuas, irreversibles y únicas, que emergen en el transcurso del tiempo.

De manera coherente con lo anterior, Gould (2002) declara que principios o agencias generales son capaces de regular ciertas gamas de eventos, pero los eventos particulares e impredecibles son los que hacen la historia. La historia no es una “maldita cosa tras la otra”. La historia es *devenir*, es trayectoria, y las trayectorias no devienen ni emergen en pistas impolutas hasta lo infinito, sino a través de contextos ecológicos, interaccionantes y co-constructivos, donde se mezclan lo aleatorio y lo determinista. A la vez que la historia es una emergencia, es, simultáneamente, co-constructora de hechos. La historia se hace a sí misma de eventos e interacciones, a la vez que modela y co-determina eventos e interacciones, pues la historia emerge a partir de contextos antecedentes que constriñen la manifestación de la forma de eventos y procesos en contextos actuales. De igual modo, Thom (2000) propugna: “Es importante sustituir teorías globales por teorías locales. Las teorías globales son a larga distancia, las locales son eficaces....El hacer

inteligible una situación significa definir un conjunto de singularidades que generan, por sus relaciones, una configuración global estable no sólo en el espacio substrato, sino en cualquier espacio de variables desconocidas añadidas como factor”. Así, la inteligibilidad existe sólo en el sentido de encontrarse atada a la localización, al contexto específico espacio/temporal.

Los hechos se desarrollan y emergen en contextos ambientales particulares, constreñidos por su historia, y modelados por su presente, y a su vez sugerentes de hechos futuros. Pero tales eventos se encuentran también expuestos a la imbricación con procesos y eventos casuales, contingentes, que pertenecen a dinámicas distintas, y que podrían o no haber concurrido para generar un devenir, una historia particular. Lo que deviene y emerge no es necesariamente deducible, aunque sí puede ser explicado a través de narrativas. No es deducible, porque no es posible realizar una derivación lógica precisa de lo que va a ocurrir. Sin embargo, siempre es posible, al menos teóricamente, explicar en retrospectiva lo ocurrido.

Para Andersson (1996), lo importante en cualquier ciencia son las explicaciones, y el método deductivo a duras penas es aplicable a la biología o la biogeografía. En estas disciplinas las explicaciones narrativas constituyen una opción imprescindible. Los procesos históricos tienen explicaciones *genéticas*, y una explicación genética es aquella que trata de dilucidar cierto estado del sistema bajo estudio, y cómo evolucionó de un estado anterior. En este tipo de explicaciones, las premisas explicativas no tienen elementos universales, sino particulares, contextuales. Las premisas explicativas genéticas no incluyen las condiciones suficientes para la ocurrencia del hecho incluido en el *explicandum*. Así, las hipótesis históricas tienen un carácter probabilístico en cuanto a génesis (la probabilidad de que la narrativa sea cierta o falsa), no estadístico. En ciencias como las matemáticas, la física y la química, los enunciados explicativos, *explicandum*, constituyen consecuencias lógicamente necesarias de las premisas explicativas. En la historia, el *explicandum* representa un enunciado acerca de un patrón observado. En el criterio de Andersson, en este caso se procede a buscar entre las premisas explicativas las

condiciones necesarias y (si es posible) suficientes para la realización de este patrón, junto con las dependencias causales de estas condiciones.

Por su lado, O'Hara (1988) propuso que la biología evolucionaria no debe interpretarse en términos de la filosofía de la ciencia, sino de la *filosofía de la historia**. En este sentido, existen tres niveles fenomenológicos: *crónica*, *historia*, *explicación*. Una *crónica* es la descripción de una serie de eventos, pero sin alusión a ningún enunciado causal, explicación o interpretación. La *historia* es lo contrario. En la biología evolucionaria, la *filogenia* representa la *crónica evolucionaria*. La historia se explica a través de *sentencias narrativas*. Ellas describen eventos ocurridos en tiempos particulares con referencias a otros eventos ocurridos posteriormente. La *crónica* es una escritura no-explicatoria y no-interpretativa. La *historia narrativa* contextualiza, interpreta y explica. La *crónica evolucionaria* se infiere a partir de relaciones en un cladograma, del orden y la distancia de la raíz del cladograma de los eventos dicotómicos observados en su topología. A partir del conocimiento de esa *crónica*, es posible construir una *historia narrativa evolucionaria*. La explicación de los eventos de la *crónica* no son del tipo de cobertura de leyes descritos por los filósofos de la ciencia, sino se realiza a partir del cómo-posible y realizando articulaciones racionales y con sentido, basadas en el contexto específico espacio/temporal de los fenómenos observados.

Las historias se rechazan si se detecta su basamento en crónicas erróneas. Aunque cada historia implica una *crónica* asociada, una *crónica* determinada no implica lógicamente una historia particular, desde el momento que los verdaderos componentes de un enunciado causal no implican el enunciado causal del cual ellos son componentes. Según Richards (1998), los modelos hipotéticos-deductivos

En ocasiones, la defensa ardorosa de un punto de vista puede conducir a trampas conceptuales desventuradas. Por supuesto, la historia, al igual que la biología y la biogeografía como disciplina biológica, constituyen ciencias genuinas. El asunto consiste en que la "filosofía de la ciencia" ha tenido mucho más que ver con la vía magna de la sancta simplicitas, es decir, con sistemas y fenómenos que admiten conceptos precisos, predicciones exactas y un tratamiento empírico repetible. Por su parte, los eventos históricos pertenecen a la fenomenología de lo emergente, lo impredecible, lo multicausal y lo irreversible; en resumen, a la complejidad.

realizan una *derivación lógica*. Entonces, una crónica implica una *derivación temporal de eventos, de cambios*; pero una historia implica una *derivación contextual, interpretativa*, de una serie de eventos en un contexto ambiental, espacio/temporal, específico. Aún más, concebimos que una historia implica ni sólo una derivación interpretativa, sino una verdadera *emergencia* interpretativa. La interpretación no constituye una secuencia ordenada linealmente de razonamientos e inferencias, sino el resultado de procesos emergentes y reticulados de la conciencia y de las particularidades de la identidad, de la propia historia, del sujeto interpretante.

La crónica sólo indica la dirección ordenada de los cambios, pero la historia significa una emergencia resultante del interaccionar y en-accionar de los eventos y cambios en contextos ambientales (naturales o sociales). La historia es el resultado emergente, en el devenir del tiempo, de los componentes involucrados en la crónica de ese sistema histórico particular. Como expresamos arriba, los componentes y eventos involucrados en la crónica histórica no constituyen elementos causales. La causalidad es la red de interacciones entre ellos y la emergencia (o sistemas de emergencias) resultante es la forma particular de esa historia, el patrón observado. Esta emergencia histórica es la que interpretamos desde un inevitable horizonte de sentido embebido en algún paradigma o sistemas de paradigmas. La comprensión de una crónica sólo requiere seguimiento, pero la comprensión de la causalidad posible requiere de la interpretación.

Coincidimos con O'Hara respecto a la importancia clave del conocimiento de las crónicas de eventos para la comprensión de una historia (que no se nos presenta “sola”, “afabulada”, sino la cual construimos) y a su alerta acerca de que las crónicas no implican historias. Una crónica evolucionaria por sí misma no es capaz de ofrecer una explicación relacional de los eventos que la filogenia bosqueja. Aún más, la crónica implícita en la topología de un cladograma no necesariamente representa la crónica *verídica* de la historia de ese grupo. La filogenia que inferimos de un cladograma es tan sólo una hipótesis, privilegiada sobre la base de algún principio, como la parsimonia, máxima probabilidad u otros. Por lo tanto, no es

posible deducir, es decir, derivar lógicamente, a partir de un cladograma una historia biogeográfica. Es necesaria una interpretación del contexto biogeográfico específico dado, lo que significa realizar una interpretación o derivación contextual, a través de una narrativa.

Tanto Andersson como O' Hara exponen que el objetivo de las explicaciones históricas no es precisar por qué necesariamente ocurrieron los eventos, sino *cómo posiblemente ocurrieron*.⁴⁵ Ello significa que más bien se remueven objeciones respecto al acaecer real de los eventos. El primer caso responde a explicaciones basadas en leyes de coberturas: la explicación se deduce de las premisas y leyes de cobertura asumidas. En las explicaciones históricas lo fundamental no es decir que un evento *tuvo* que ocurrir, sino que es más bien perfectamente *razonable* creer que *ocurrió*, porque las *objeciones* en contra de su acontecer son infundadas. Sobre esta base descansa toda la epistemología evolucionaria y cualquier otro sistema de teorías que se base primariamente en evidencias circunstanciales (fósiles, cladogramas preferenciados).

Según Mayden (1991), el discernimiento crítico para juzgar algún método biogeográfico será su habilidad inherente para satisfacer los objetivos principales en el programa de investigación. Será necesario explorar si los procedimientos adoptados para buscar explicaciones y emitir interpretaciones se muestran compatibles con el conocimiento de los procesos generales que rigen o determinan en buena medida el sistema bajo escrutinio. En esta perspectiva de explicaciones como *procedimientos* observamos coherencia con la observación de Kauffman (2000), respecto a que los seres vivos poseen el *saber cómo*, el cómo hacer una manera de vivir. Kauffman sugiere que ese “saber” no constituye *una proposición sobre el mundo*, sino un *procedimiento para estar en el mundo*.

De igual modo, las explicaciones históricas, nuestras interpretaciones acerca de los patrones espacio/temporales de la pujante biodiversidad de nuestro mundo, no deben representar proposiciones unívocas, sino construirse mediante procedimientos que permitan alternativas ricas en sentido. Como Härlin (2005)

afirma, la historia no puede ser directamente observada. Los biólogos descansan sobre evidencia indirecta, ya sean fósiles o relaciones entre taxones vivientes. Construimos hipótesis sobre historias, pero nunca tenemos la certeza de contar historias reales. Establecemos una interacción entre observaciones e hipótesis sobre la realidad. A partir de aquí construimos nuestras conceptualizaciones de la realidad. Las conceptualizaciones se empujan recursivamente con nuestra apreciación e interpretación de las observaciones y nuestros requisitos para aceptar unas hipótesis y rechazar otras.

Explicar por qué un sistema complejo tuvo la trayectoria que desarrolló y no otra, siempre requiere interpretación (Juarrero, 1999). Toda interpretación es, en última instancia, una unidad cultural (Eco, 1990). Por consiguiente, toda interpretación emerge de un sujeto embebido en algún tipo de paradigma y se identifica con algún horizonte de sentido. Nuestra opción, entonces, es aspirar a desarrollar una interpretación volcada en una *narrativa hermenéutica* como procedimiento explicativo en la comprensión de los patrones biogeográficos. Según Rorty (1995), la hermenéutica ⁴⁶ consiste en “la negación del punto de vista platónico, es decir, del 'rey' filósofo conocedor de las esencias, de las formas. La lucha de la hermenéutica lo es contra la idea de una representación exacta del mundo. A cambio se nos propone la idea de diálogo y de conversación... Se trata de un estilo interpretativo más allá de la clásica oposición entre explicación y comprensión... La hermenéutica ni defiende una objetividad pura ni un discurso neutro. Desde el momento en que estamos dentro del ser-lenguaje estamos siempre acercándonos a la realidad con 'prejuicios' que predeterminan la comprensión, que la anticipan. En este sentido una 'verdad' neutra es imposible. El ideal de la comprensión universal histórica es una abstracción errónea que se olvida de la historicidad... Se trata, de comprender el todo desde lo individual y lo individual desde el todo”.

En palabras de Rorty, la hermenéutica no es un tipo de epistemología. Una epistemología implica un máximo de terreno común con otros. En sus palabras, la epistemología es un supervisor cultural del terreno común de un discurso. La

hermenéutica trata de enlazar las conversaciones, el sentido de los discursos. No significa la esperanza en el desarrollo de un terreno común pre-existente, sino la de llegar a un acuerdo interesante y fructífero. Para el hermeneuta, el ser racional es quien no piensa que existe un conjunto especial de términos en el que debe ponerse todas las aportaciones del discurso. El discurso hermenéutico es aquel que adquiere una jerga (es decir, el lenguaje y expresiones típicas de una epistemología o conjuntos de epistemologías), pero no la traduce. Por el contrario, en el discurso epistemológico el ser racional encuentra el conjunto de términos adecuados para traducir las aportaciones.

La epistemología se vislumbra así como una red de sujetos unidos por una *universita* de intereses comunes. Como contraste, la hermenéutica es una *societas*, o red de sujetos relacionados por un sentimiento comedido de comprensión, de diálogo. La epistemología implica el conocimiento como representación exacta. En la hermenéutica, el conocimiento construido se aprecia más en el sentido de cómo entender un fenómeno, en lugar de seguir una demostración a partir de la cual se obtenga o explique dicho fenómeno. La hermenéutica manifiesta que la cultura es más una conversación que una estructura erigida sobre unos fundamentos determinados. La conversación es el contexto último dentro del cual se debe entender el conocimiento. Sobre la base de estas premisas, percibimos que una interpretación hermenéutica es aquella que dialoga y articula observaciones, evidencias, contextos, historias y puntos de vista del sujeto, incluyendo el horizonte del sentido desde el cual el sujeto realiza sus interpretaciones y construye conocimiento.

Ciurana (2001b) expresa sus puntos de vista: “Cuando uno se pregunta qué es la hermenéutica, lo mejor que puede hacer para dar una respuesta es decir lo que no es la hermenéutica. Aunque podemos dar una definición general: 'actualmente se denomina con el nombre de hermenéutica a una corriente de la filosofía contemporánea...que se caracteriza principalmente por la idea de que la verdad es el fruto de una interpretación.' La hermenéutica es la negación (dialéctica,

añadimos) de la epistemología; la negación del método entendido como un conjunto de reglas ideales y universales que nos lleven a un acuerdo o a descubrir algo. La hermenéutica es la negación de un método entendido como el punto de vista de Arquímedes desde el cual dominar las cosas; como entidad exterior al mundo”.

Juarrero (1999) asevera: “Los eventos solo pueden ser comprendidos dentro de un contexto, con sus constreñimientos particulares. Los intérpretes tienen que moverse atrás y adelante, el todo sólo es comprendido por la comprensión de los pasajes individuales. Existe una recursividad donde se transita desde lo más local de los detalles locales hasta lo más global de la estructura global...La explicación de los sistemas complejos debe proceder *hermenéuticamente*, no deductivamente. ...La interpretación o hermenéutica reproduce la misma lógica de la naturaleza abierta de las dinámicas adaptativas. La *narrativa hermenéutica* no es una lista temporal de eventos discretos...sino hilos interconectados de manera tal que describen un patrón temporal y contextual...El contexto constriñe la gama de interpretaciones plausibles”. Una narrativa bien guiada no es un ejercicio de subjetividad anárquica ni de proposiciones oportunistas *ad hoc*. Como lo expresa Eco (1990), las narrativas autocontienen sus propios constreñimientos: “un texto es un lugar donde la polisemia irreducible de los símbolos es de hecho reducida porque en un texto los símbolos se encuentran anclados en sus contextos”. De los enunciados anteriores se infiere que las narrativas poseen sus propios atractores, su autoorganización, co-construida por el narrador. Ello le otorga su propia y legítima objetividad.

La narrativa hermenéutica es una perspectiva articulante, recursiva y dialógica; por consiguiente, ofrece un reconocimiento de la complejidad del mundo y una interpretación de su fenomenología. La narrativa hermenéutica representa, de igual modo, un ejercicio *transdisciplinar*. Indaguemos en este sentido. Según Ciurana (2001a), en nuestra contemporaneidad “lo transdisciplinar es un problema y una necesidad. El problema es cómo hacer lo transdisciplinar sin totalizar ni homogeneizar... lo transdisciplinar nos sitúa en la necesidad de pensar de forma dialógica. Nos sitúa en la necesidad de unificar en la interacción y en la tensión. No se

trata, por lo tanto, de homogeneizar lo diferente, sino de asumir la diferencia y hacer que ésta diferencia dialogue. Lo transdisciplinar es, ante todo, una disciplina de pensamiento. No una disciplina en el sentido normal del término. Es decir, los diferentes saberes particulares, las diferentes ciencias, son disciplinas. Pero pensar de modo transdisciplinar es situarse en un plano que va más allá de lo meramente interdisciplinario”. Esta distinción es importante, pues lo interdisciplinario consiste simplemente en adicionar en un discurso o narrativa global lo concerniente a disciplinas aisladas.

Ciurana nos dice que lo transdisciplinar es lo que transgrede; lo que viola todo compartimiento estanco y así, al traspasar las disciplinas, hace que el fruto de tal violación genere un nuevo espacio para el saber. En sus palabras, lo transdisciplinar constituye un “saber que en adelante será un saber organizado transdisciplinarmente. Se tratará, lo transdisciplinar, por lo tanto, del producto de un pensamiento complejo que no sólo nos ayuda a relacionar lo separado; que no sólo pone en movimiento lo clausurado sobre sí mismo, sino que al ir más allá de la interrelación, transforma”. Ciurana continúa: “Lo transdisciplinar es inseparable de un cierto perspectivismo. Mejor aún, lo necesita. La perspectiva del sujeto. El método transdisciplinar, por ser complejo, necesita que el sujeto participe activamente... Pero, al mismo tiempo, elecciones transdisciplinarias comunicables y consensuales por todos... Aquel que pone en marcha la transdisciplinaridad practica la reticulación; piensa articulando; va del todo a la parte y de la parte al todo; del texto al contexto, del contexto al texto: Pero sobre todo el hombre transdisciplinar es aquél que imagina y crea. Crea mediante la práctica del macroconcepto e imagina lo macrodisciplinar: única forma de hacer emerger la figura transdisciplinar”. De acuerdo con lo anterior, lo transdisciplinar es implícitamente hermenéutico, pues demanda la presencia interpretativa explícita del sujeto.

De manera implícita, Ciurana establece un bucle recursivo, a través de lo macroconceptual, entre lo hermenéutico, lo transdisciplinar y las fenomenologías complejas, incluyendo la historia. Como analizamos en el Capítulo 5, lo

macroconceptual aprehende el movimiento, lo dinámico. Y de manera natural, las narrativas, como discurso personificante de lo hermenéutico y lo transdisciplinar, emergen como la expresión imprescindible de las fenomenologías macroprocesales, como lo son los fenómenos biogeográficos.

Las leyes de coberturas no deducen solas el ajuste de una observación a una teoría; es el indagador, el sujeto, quien escoge cuál teoría, cuál modelo, va a confrontar con la realidad indagada. Para Hull (1998), las narrativas se construyen, no para dar cuenta de entidades estáticas, sino para aprehender el movimiento de sucesos cuyo rasgo es el cambio. Cualquier exposición escrita y ordenada de ideas, alrededor de un argumento o núcleo explicativo, necesariamente específico, aunque no necesariamente contextual, se corresponde con una narración. La narración es una fenomenología universal en la comunicación humana. Sin embargo, no es “objetiva” en el sentido clásico; siempre se encuentra guiada por el narrador. No obstante, toda narrativa hermenéutica se construye sobre la base de atractores que prácticamente guían de manera “objetiva” al indagador. Por otra parte, la subjetividad de una narración es tan universal como cualquier principio universal, desde el momento en que los principios no existen por sí mismos, sino son descubiertos, racionalizados, aplicados, utilizados y manipulados por los sujetos. Encontramos tanta subjetividad en una narración como en la selección de cualquier modelo explicativo basado en congruencias, fórmulas matemáticas o en el privilegiar cualquier axioma teórico. Todas estas herramientas no se aplican solas de manera “afabulada”. No son aplicadas sobre sujetos pasivos, sino que son los sujetos quienes las seleccionan y las aplican, en muchos casos pasivamente, a determinadas fenomenologías.

En conclusión, lo hipotético-deductivo es acontextual y atemporal, y sigue una secuencia de pensamiento racionalizada. En apariencia, estos modelos son “objetivos”, pues separan la decisión del observador con respecto a lo observado, pero desarticula al sujeto del objeto. Ello ofrece una perspectiva fenomenologizante. La narrativa “clásica” resulta, por el contrario, “subjetiva” o gnoseologizante, y

distorsiona la realidad al mezclar las opiniones y paradigmas del observador en su interpretación de lo observado. Pero los modelos “objetivos” son tan subjetivos como cualquier otro, pues quien los escoge para su aplicación es un sujeto. Una narrativa hermenéutica nunca es, ni un acto racionalizado, ni una manifestación interpretativa anárquica, porque se basa forzadamente en contextos y eventos localizados, específicos y con límites espacio/temporales. Por supuesto, la *interpretación* derivada de tales eventos y contextos puede estar errada, pero no por ello es menos falsable que cualquier impoluta derivación lógica.

La articulación entre texto y contexto, la acción de atractores y constreñimientos de sentido, en fin, la experiencia, “objetivizan” las narrativas. Como subrayan Ahl y Allen (1996) y Juarrero (1999), el factor subjetivo y cualitativo de la experiencia debe ser parte de la ciencia. Los datos que se interpretan y los modelos que se aplican no representan experiencia y sabiduría codificada que se “desempaca” por sí misma. El sujeto que vive y habita en la experiencia es parte activa de la toma de esos datos, de la aplicación de esos modelos y de las interpretaciones y explicaciones construidas. La razón misma de la cultura y el conocimiento humano son los flujos de conversaciones. Una conversación, un diálogo, es un flujo de sentido articulado y articulante, que se sublima en la construcción de conocimiento y en la manifestación de una cultura.

En el diálogo alienta lo relacional, lo asociativo. Y ese es el pilar de lo objetivo. Marx así lo reconoció: “El hombre se objetiviza en su relación con los demás”. Las narrativas hermenéuticas-transdisciplinares representan justamente eso: la expresión coherente de un diálogo interpretativo entre los observadores y las fenomenologías del mundo, basado en la razón y la experiencia. No existen recetas. Lo estrictamente racional, como una deducción lógica, siempre es diáfano e inequívoco. La objetividad, coherencia y nitidez de una narrativa depende de la experiencia, el conocimiento y la capacidad de articulación recursiva de los narradores. La narración es un diálogo cuidadosamente articulado entre razones aparentes y percepciones en ocasiones oscuras; entre el sentir y el razonar. Tal vez es

posible aprender rápido a deducir; ello requiere de cierta instrucción. Tal vez no sea posible aprender nunca a desarrollar buenas narrativas, ello necesita una *educación* muy elaborada.

Insistimos en nuestra aspiración de construir narrativas hermenéuticas, transdisciplinares, en el ámbito de la biogeografía. Cansino (1998) expuso: “ciertas cosas cambian radicalmente con el punto de vista constructivista. Y lo que cambia radicalmente es que algunas propiedades, que se suponía radicaban en las cosas, de hecho radican en el observador”. Haciendo una paráfrasis, concluimos: *ciertas cosas cambian radicalmente con la perspectiva hermenéutica-transdisciplinar de las narrativas. Y lo que cambia radicalmente es que algunas propiedades, que se suponía radicaban en las narrativas, de hecho radican en los narradores.*

REFLEXIONES FINALES...PERO NO CLAUSURADAS

Los patrones biogeográficos no son ni completamente ecológicos ni totalmente históricos. Por consiguiente, no es posible basar explicaciones en un modelo que contemple tan sólo una de estas fenomenologías. El espacio biogeográfico es justamente una emergencia de la interacción de fenómenos ecológicos e históricos que ocurren en contextos espacio/temporales concretos, no universales. No existe una causa eficiente universal que explique la distribución de los organismos. Existe red causal. De no ser así, existiera una simetría perfecta entre cambios ambientales y reemplazos completos de comunidades. Vermeij (2005) consigna una visión de la biodiversidad, como epifenómeno planetario, del todo congruente con una perspectiva sistémica y compleja. En ella, no privilegia ninguna causa en particular para los patrones observados en el mundo. Por ejemplo, áreas muy ricas en biodiversidad no coinciden necesariamente con terrenos que hayan sido geológicamente activos o que pertenezcan a franjas de los trópicos. A continuación reproducimos un pasaje:

“La biodiversidad...es una propiedad de grupo, y es un epifenómeno jerárquico, emergente. Cualquier estimado de la contribución relativa de una

variable dada a un epifenómeno como la diversidad es sospechoso y no confiable. Una teoría para la diversidad debe tener en cuenta los patrones y reconocer las excepciones. La diversidad caracteriza todos los sistemas complejos. Un prerrequisito para la diversidad es que exista un universo en el cual muchos estados no son sólo posibles, sino ya realizados. A mayor diversidad existente se implica la realización de mayores posibilidades. Condiciones ambientales que incrementen la heterogeneidad espacial o promueva la dispersión intermitente favorece el aislamiento, y por lo tanto la especiación. Pero divergencia y aislamiento genético no son consecuencia inevitable de aislamiento espacial. La especialización y la cooperación promueven heterogeneidad. La diversidad es un fenómeno rico en patrones y complejos en sus causas y consecuencias”.

Van de Vijver *et al.* (1998) consiguieron que una ciencia histórica genuina es aquella que considera como consustancial el peso de las alternativas básicas y los valores y propósitos de los observadores, siempre locales, siempre temporalmente situados. Estas son ciencias donde la narrativa es la expresión ineludible de comunicación y la perspectiva hermenéutica-transdisciplinar la forma más racional de desarrollar esta comunicación. La hermenéutica es un dialogo interpretativo, un bucle recursivo sujeto-contexto. Esta interpretación articulante, transdisciplinar, no conjura la duda ni desvanece el miedo a la ignominia del error y al vértigo frustrante de la ignorancia y la incertidumbre, sino coexiste con ellos, reconociéndolos, advirtiéndolos y sorteándolos.

Morin (1993) expresa su opinión respecto a la duda en las interpretaciones: “La duda en el universo cartesiano es una duda segura; y su método consiste en una búsqueda para exorcizar la duda. Nuestra duda *duda* de sí misma, pues toda condición del pensamiento es inevitablemente prejuizante, la duda no puede ser absoluta ni vaciada absolutamente. Nuestro *método* debe huir de las falsas claridades y detectar lo que une, articula e imbrique... El *método* es lo que enseña a aprender... Simplificación es disyunción y reducción, la expulsión de lo que no entra en un esquema lineal”. Morin concibe al mundo tan complejo y tan manifestamente no-

lineal, que en sus reflexiones se encuentra implícito el discurso narrativo para la aprehensión de lo complejo: “El universo es más shakesperiano que newtoniano: lo que en él se representa es a la vez una bufonada sin nombre, un cuento de hadas, una tragedia desgarradora, y no sabemos cuál es el escenario principal...El saber transforma y nos transforma”.

Thompson (1989) concibe la explicación de la historia en términos de narrativas: “La historia, elaborada al máximo, consigue la excelencia singular de la poesía. Toda narrativa es una estructuración del tiempo, y por lo tanto, todas están inevitablemente relacionadas con sistemas inconscientes de ordenamiento. Las narrativas están arraigadas en concepciones inconscientes de orden”. Por su parte, Gould (1989) adujo, “La resolución de la historia debe estar enraizada en eventos pasados que en sí mismos se expresan en sus propios términos, de acuerdo con la evidencia narrativa de sus fenómenos únicos. Los eventos históricos no violan, por supuesto, ningún principio general de la materia y el movimiento, pero su ocurrencia descansa en un reino del detalle contingente, de la intersección de trayectorias y la emergencia”.

Desde perspectivas semejantes, Kauffman (1996) consigna: “¿Cómo puede la vida ser contingente, impredecible y accidental obedeciendo a la vez leyes generales? La misma pregunta emerge cuando pensamos acerca de la historia. ...Los sistemas vivientes pueden todos exhibir propiedades sujetas a leyes, y aún estar agraciados con un bordado de filigrana histórica; esos detalles maravillosos que podrían haber sido fácilmente de otra manera, y cuya misma improbabilidad cautiva nuestra admiración hechizada”. Gould (2002) refuerza esta cosmovisión, cuando declara: “Tanto leyes inmanentes como narrativas (hacia las cuales existe una profunda e irracional reticencia, según sus palabras) son dos formas de conocimiento objetivo”. Al mismo tiempo, Gould propugna la adopción de una pluralidad de estilos explicativos para nuestra comprensión de “generalidades atadas a leyes y particulares fascinantes”. Kauffman (2000), en significativo paralelismo recursivo con Morin, expresa otra integración refulgente entre lo histórico y lo determinista: “Las biosferas demandan sus Shakespeares tanto como a

sus Newtons. Tendremos que repensar qué es la ciencia en sí misma... Las humanidades y la ciencia pueden encontrar una inesperada e inevitable unión”.

En el mundo existe orden, y hemos construidos métodos y vías analíticas para descubrir e interpretar esos patrones de orden natural; pero ese orden esperado, “aceptado”, coexiste con un orden-otro, o el orden no-lineal de los sistemas complejos. Los sistemas complejos exhiben un orden profundo, conforman patrones que emergen de la intersección y la articulación de eventos percibidos como ordenados y de eventos no-ordenados o caóticos. Son los patrones de orden y organización de la complejidad del mundo. El biogeógrafo se enfrenta con ambas situaciones. Ambos patrones son parte de la identidad natural de las áreas. La dispersión, aun aquella que parece improbable de haber ocurrido, es realizada en contextos ambientales “deterministas”, porque la realizan organismos: es decir, fenomenologías con un elevado orden y organización intrínsecas. La dispersión es potenciada o facilitada por eventos y procesos que, en sí mismos, son ordenados y organizados en vías deterministas. Ningún evento es en sí mismo al azar; sólo lo son las intersecciones de eventos en relación con uno u otro contexto o con otro evento en particular.

Por otra parte, la vicarianza tampoco es absolutamente determinista, desde el momento que las barreras no son fenómenos universales, sino sólo afectan a aquellos organismos cuya autorreferencialidad percibe un evento dado como una barrera. Por consiguiente, no es posible predecir de manera completamente determinista para cuales organismos dicho evento constituirá una barrera. Aún así, es posible la confluencia de eventos de azar que posibiliten la superación de la barrera por algunos de tales organismos. No nos enfrentamos a fenómenos extremos de desorden amorfo ni de orden esclerosado, sino a fenómenos autoorganizados en contextos particulares. Lo que observamos constituye un tapiz enrevesado de orden y desorden, que se teje a sí mismo.

En los “sesgos” de la biota antillana, así como en los caprichosos patrones de diversificación y en la gama casi alucinante de gigantes y enanos a través de los linajes más diversos palpita el caos. Pero también en esos propios sesgos, en la

composición y biodiversidad resultante, resalta, de manera deslumbrante, un profundo orden. Por ejemplo, la presencia únicamente de peces secundariamente dulceacuícolas en Cuba y el resto de las Antillas es muy sugerente respecto a los orígenes de la biota. Ello no sustenta un patrón vicariante, pero tampoco uno de dispersión a grandes distancias (Burguess y Franz, 1989). Miller y Miller (2001) esbozan otro tanto cuando analizan la presencia de ciertos linajes de mariposas en las Antillas (*Calisto*, *Dismorphia*, *Greta*,). Estos autores han sugerido poblamientos muy lejanos en el tiempo, probablemente pre-eocénicos. Pudieran también ponerse otros ejemplos con invertebrados y plantas, reptiles y mamíferos arcaicos. Como expusimos en el Capítulo 5, estos patrones sugieren relaciones espacio/temporales no necesariamente confirmadas por los conocimientos geológicos del momento. Pero tampoco es una alternativa racional dejar en manos del azar más anárquico la explicación de estos patrones.

Para Croizat, las Antillas Mayores conformaban un nodo panbiogeográfico, donde convergían trazos de América del Norte, América del Sur y hasta de la cuenca del Pacífico. Las relaciones esbozadas aquí también apuntan a conexiones con territorios aún más amplios, como Laurasia y Gondwana. No es posible reducir, simplificar o privilegiar la génesis y evolución de la biota cubana y, por extensión, la de las Antillas Mayores, dentro de un único modelo explicativo, ya sea este biogeográfico o paleogeográfico. La dispersión sobre el mar, contemplada siempre con ceño adusto por partidarios acérrimos de la biogeografía cladista y la panbiogeografía, es un factor importante en la composición y distribución de muchos de los componentes del área. Muchos grupos de aves e insectos se dispersan de manera activa por las Antillas, a través de ciclos recurrentes de migración estacional.

Por el contrario, la dispersión a grandes distancias en situaciones aparentemente clásicas, como las Galápagos y las propias Antillas Mayores debe ser vista con suma cautela. Por ejemplo, Grehan (2001b) y Dávalos (2004) han llamado la atención (ya lo había hecho antes Croizat) acerca de los taxones compartidos de

manera exclusiva entre las Antillas Mayores y las Galápagos. De hecho, Morrone (2006) incluye a las Galápagos dentro de la subregión biogeográfica del Caribe, junto con territorios de la costa Pacífica del Norte de Sudamérica. Grehan precisa que la biogeografía de las Galápagos sólo puede ser entendida como consecuencia de una evolución en sistemas dinámicos de arcos insulares, relacionados con la propia evolución del continente americano y las primitivas islas de las Antillas. Grehan (2007) resume que las Galápagos formaron parte de un centro tectónico entre el Pacífico Este y las Américas. En su criterio, los patrones biogeográficos que involucran las Galápagos conforman más bien un patrón “continental”, como si el archipiélago estuviera embebido dentro de un continente en vez de encontrarse en pleno océano.

El dinamismo de estos territorios, evanescentes en el devenir del tiempo, sugiere la evolución de ambientes sometidos a cambios en ocasiones extremos, con gran reducción o desaparición de hábitats. Ello produciría sesgos semejantes a los esperados por dispersión sobre el agua a grandes distancias o a través de “filtros” terrestres. En estas condiciones, es de esperar, justamente, poca representatividad de mamíferos, de peces primariamente dulceacuícolas, y de organismos de pluvisilvas, así como diversificación aleatoria y oportunista de linajes. Tampoco debe ignorarse que los invertebrados, en sentido general, necesitan menos territorio para sobrevivir que los vertebrados. Pequeñas secciones de territorios en una dinámica evanescente de las paleoislas pudieran haber sido suficientes para albergar vida vegetal y animal, esta última básicamente de invertebrados y vertebrados pequeños. Y justamente hacia ello apunta la evidencia biológica.

No debe olvidarse que las distancias entre islas y entre las islas y el continente han sido factores variables durante el transcurso del Terciario y el Cuaternario. De cualquier manera, percibimos que el factor más fascinante en la evolución espacio/temporal de la biota de Cuba y las Antillas Mayores no reside en la focalización sobre discusiones más o menos infructuosas acerca de tal o más cual vía de arribo. Una espléndida proporción de la biota cubana y antillana es exclusiva de

cada uno de estos pequeños territorios. Cuba es una isla sorprendentemente compleja y heterogénea ambientalmente. La exclusividad de su biota se encuentra, por lo general, muy localizada en el espacio, lo cual la hace extremadamente frágil. Indagar en las historias de estas génesis de forma en el espacio y el tiempo, en sus relaciones con la historia de los terrenos que la sustentan y en los ambientes así co-construidos, debe ser una tarea urgente. Ello nos permitirá alternativas para, al menos, una proyección razonable hacia un futuro siempre incierto e impredecible.

Así, la distribución geográfica nos ofrece orden “esperado”, aunque también engendre “desajustes”. El orden biogeográfico no es metáfora de una música concertada y dirigida de manera impecable, sino de orquesta en pleno ensayo integrada por músicos con estilos propios. Por consiguiente, no es imposible percibir alguna que otra “desarmonía”. Todos los concertantes se escuchan y se prestan atención, pero cada uno decide cómo ejecutar su propia melodía...o retirarse del escenario. Al final, no obstante, tendremos música, intensa y subyugante. Es por ello, por ejemplo, que observamos gran endemismo en aves en algunas situaciones insulares, pero tal fenómeno deviene paupérrimo en otras. Por la misma razón, se diversifican de manera desmesurada anfibios y reptiles en ciertas islas, mientras en otras pululan pequeñas moscas exclusivas.

En la configuración de las distribuciones, el azar es tan consustancial como el orden autoorganizado de manera masiva por el influjo de constreñimientos de diversas índoles, es decir, de atractores. No tiene sentido negar que predomine éste último; por el contrario, eso es lo que “esperamos”. Tal vez estemos más condicionados para percibir el orden y no el no-orden subyacente en el orden. Por doquier discernimos el impresionante e inimaginable “orden por la libre”, el cual Kauffman se regodea en hacer notar. En cierto modo, este orden tan determinista es por completo “inesperado”, y por lo tanto es a la vez un fenómeno de orden y de azar. Así ha coevolucionado la biosfera consigo misma. Gaia preserva la armonía y metaestabiliza la coexistencia universal; se refocila en el gran panorama. Aracne teje y entrecruza incansablemente vías y destinos multidimensionales; le fascina lo

calidoscópico y lo distinto y peculiar de las historias locales, lo contrastante en lo adyacente y lo inesperado en lo que subyace. Gaia es ordenada y meticulosa, Aracne es creativa e impredecible.

Vivimos justo en la interfase donde Gaia y Aracne se articulan, dialogan, complementan y retroalimentan, donde se reciprocán grandeza y magnificencia. *Somos* y coexistimos en la complejidad fenoménica del universo. *Habitamos* la complejidad en el ser y en el conocer, y nos esforzamos por comprender, describir y narrar la realidad que percibimos y co-construimos. La complejidad del mundo nos impele y concita a la interpretación, a establecer un bucle recursivo entre lo que observamos, interpretamos, narramos e imaginamos. Thompson (1989) expresa su convencimiento al respecto: “La imaginación no es engaño, sino capacidad de percibir lo que uno no conoce. Somos más de lo que sabemos. Los hechos solos no hacen las teorías. Por eso la ciencia nunca puede abarcar la totalidad del Ser”. Thom (2000) expone un punto de vista empático con lo anterior: “Si los hechos no sorprenden, si no tienen sentido para nosotros, si no aportan ningún elemento nuevo para la comprensión del universo, lo mismo da ignorarlos. Exigir de cualquier teoría científica que pueda comprobar la teoría con la acción...excluye totalmente del campo científico las ciencias del pasado, como la paleontología y la historia...deberíamos abandonar la idea de la ciencia como un conjunto de recetas eficaces”.

A través de semejantes ejercicios del intelecto, nos atrevemos a dejar puertas abiertas a la percepción del asombro de lo emergente y novedoso, y del disfrute e incentivo de los misterios que ello genera. Desde este horizonte de sentido, finalizamos con la prosa ingeniosa de Einstein: “Yo me siento satisfecho con el misterio de la eternidad de la vida y con un atisbo de la estructura maravillosa del mundo existente, junto con el resuelto afán de comprender una parte, por pequeña que sea, de la Razón que se manifiesta en la naturaleza”.

Notas

1. La razón es un horizonte cognitivo fundado en el cálculo y la lógica. La racionalidad es el establecimiento de una adecuación entre una coherencia lógica (descriptiva, explicativa) y una realidad empírica. El racionalismo sería una visión del mundo que afirma el acuerdo perfecto entre lo racional (coherencia) y la realidad del universo. Sobre todo si esta realidad responde a expectativas estrictamente racionalizadas. Es el predominio de la razón sobre lo empírico. También es la ética postuladora de que el comportamiento humano debe ser racional. El racionalismo excluye de lo real lo irracional y lo arracional. Por su parte, la racionalización significaría la construcción de una visión del universo coherente y totalizante, es decir, encadenada y restringida por preceptos estrictamente racionalistas. Así, de acuerdo con Edgar Morin, “La racionalidad es el camino que avanza y rectifica, reconoce sus faltantes y sus yerros; descubre nuevas zonas y hace luz sobre los fenómenos. La razón es abierta al accidente y la sorpresa, a la ignorancia misma. La racionalización es la etapa imperialista de la razón desbocada y autosuficiente; razón que, contra lo previsto, desde sus orígenes consagratorios ha sido habitada por sus propios mitos y desequilibrios”. Una perspectiva “compleja”, aunque no reñida con lo racional, lo coherente y lo lógico, debe ver en lo arracional, lo intuitivo y lo pasional componentes consustanciales en la construcción de conocimiento sobre el mundo. ¿Acaso no son arracionales, en buena medida, las ideas inspiradoras y el establecimiento de hipótesis novedosas y atrevidas?

2. A continuación, una síntesis de las reglas de Hume para juzgar la causalidad: 1. La causa y el efecto deben ser contiguos en el espacio y en el tiempo. 2. La causa debe ser anterior al efecto. 3. Debe existir una unión constante entre la causa y el efecto. 4. La misma causa produce siempre el mismo efecto, y el mismo efecto no surge nunca más que de la misma causa. 5. Cuando diferentes objetos producen el mismo efecto debe ser mediante alguna cualidad que descubrimos que es común a todos ellos. 6. La diferencia en los efectos de dos objetos semejantes debe proceder de aquello en lo que difieren. 7. Cuando un objeto aumenta o disminuye con el aumento o disminución de su causa, debe ser considerado como un efecto compuesto derivado de la unión de los varios efectos diferentes que surgen de las varias partes diferentes de las causas. Hume lo ejemplifica así: un cierto grado de calor produce placer; si disminuye el calor, el placer disminuye, pero no sigue que si se aumenta más allá de un cierto grado el placer aumente nuevamente, ya que puede la sensación convertirse en dolor. No es el calor en sí, o su ausencia, la causa del placer o el dolor, sino la calidad de ese calor (y el condicionamiento particular del sujeto receptor a ese estímulo). En definitiva, la moraleja humeniana es la de no sacar conclusiones apresuradas de posibles relaciones

causales. 8. Un objeto que existe en su plena perfección sin un efecto, no es la única causa de este efecto, sino este debe ser influido por otro principio que puede promover su influencia y su actuación, pues como efectos iguales siguen necesariamente a causas iguales y en un tiempo y lugar contiguos, su separación por un momento muestra que estas causas no son completas. De nuevo, aflora la sombra aristotélica que prohíbe la auto-causalidad.

3. Se considera a Pitágoras (582-500 AC) de Tiro, Fenicia, como al fundador de la filosofía occidental. Pitágoras concebía la filosofía como un medio de purificación espiritual. Su principal mentor fue el greco-egipcio Hermes de Trimegisto, a quien los propios egipcios consideraban como la encarnación de un Dios. El mismo Pitágoras decía que él era una reencarnación de Euphorbus, héroe de la guerra de Troya; pero también que era Apolo en forma humana. Este sabio singular, además de matemático, hizo aportes relevantes al entendimiento de los sonidos musicales, a los cuales se acercó a través de su obsesión por los números. Para Pitágoras, el Universo estaba formado por números, y los cuerpos celestes emitían una “música” capaz de ser traducida matemáticamente: “Hay geometría en el canturreo de las cuerdas. Hay música en el espacio que separa las esferas”. ¿No habrá también música en las vibraciones del mundo subatómico, de la gran red del campo cuántico y de los organismos en la biosfera? ¿No vibrará la biosfera con su propia música, la música de nuestro planeta? Pitágoras también se percató de las propiedades de determinadas vibraciones, basadas en el número 8; es decir, la octava, nota que constituye la base de la escala musical. Una cuerda dividida por la mitad, emite el mismo sonido, pero 8 tonos más alto, que una cuerda del doble de largo. O sea, que las notas de una escala musical se repiten octava tras octava. Un quinto musical (que son 5 notas diatónicas o la sección áurea de una octava) debía regresar a la nota original 8 octavas más allá cuando se le repite 12 veces en una secuencia ascendente; pero en realidad existe una diferencia de $1/8$ de nota. Si ello se representa gráficamente, tenemos una espiral. Entre otras cualidades interesantes del 8, podemos mencionar su intervención en la rima llamada octava real, muy considerada en medios cultos de antaño, y que el juego-ciencia por antonomasia, el ajedrez, descansa en este número, además de que también simboliza lo infinito, cuya notación es un 8 horizontal (∞). Pitágoras utilizó las propiedades de la sección áurea. La sección áurea es una proporción que se obtiene al dividir un segmento en dos partes, de manera que el cociente entre la longitud del segmento mayor y la longitud del segmento inicial es igual al cociente entre la longitud del segmento menor y la del segmento mayor. Esta proporción representa el radio de la parte menor de la línea respecto a la mayor, e igual al radio de la parte mayor respecto a toda la línea. ($AC/AB = CB/AC$). Platón y Aristóteles asumieron que esta relación era perfecta para determinar si algo era estéticamente bello. La sección áurea o aurio sectio de los romanos describe la estructura de todas las cosas naturales que forman una espiral, incluyendo conchas de moluscos, galaxias y, como sabemos hoy día, la espiral doble de la vida, el ADN. Por su parte, el matemático italiano Leonardo Fibonacci (1170-1240), se percató de la siguiente sucesión numérica: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21... En esta sucesión, cada término es igual a la suma de los dos términos precedentes, y así sucesivamente. Un sinnúmero de estructuras naturales, como el crecimiento de hojas en espiral en algunos árboles, presentan con frecuencia la forma de la sucesión de Fibonacci. Lo mismo sucede con las filas de escamas en espiral de los conos de los pinos. Uno puede encontrar, digamos, 8 filas en la izquierda y 13 en la

derecha, u otra combinación cualquiera coincidente con la serie Fibonacci. Pero aún hay más. A partir del 5, el cociente de cada par de números que precede a otro siempre resulta en alrededor de 1.6. Esta proporción es prácticamente idéntica a la constante Phi (1.618), la verdadera “proporción divina”, conocida desde la antigüedad. De igual modo, la proporción Phi es omnipresente. Muchas proporciones del cuerpo y estructuras de los organismos, en plantas, moluscos, artrópodos o mamíferos guardan esta proporción. Por ejemplo, se manifiesta en la distancia que hay desde el suelo a la cabeza y entre el ombligo y el suelo, o entre el hombro y la punta de los dedos y entre el codo y la punta de esos mismos dedos. Igualmente se manifiesta entre la cadera y el suelo y entre la rodilla y el suelo. La proporción divina ha sido aplicada en pinturas de artistas celeberrimos como Miguel Angel y Da Vinci (Un ejemplo es el famoso cuadro de Da Vinci Las proporciones del hombre, o el hombre de Vitrubio, famoso arquitecto romano, en tiempos de Augusto, que empleó la proporción), en inmortales obras arquitectónicas como las Pirámides de Egipto y en las partituras de genios musicales del calibre de Mozart y Beethoven, sin contar con los violines Stradivarius. Es evidente que esto nos indica una ley simple de autoorganización espontánea en la naturaleza, de la acción de atractores invariantes de forma, de un orden independiente de factores genéticos o de selección, es decir de un orden espontáneo o “por la libre”, como sugiere Kauffman (1996). No obstante, Tait (2000), en cita a Russell, alerta contra la concepción pitagórica. “Los números son propiedades de los términos generales o de las descripciones generales, y no de las cosas físicas o de los sucesos mentales.”

4. Lo jerárquico implica que una entidad, sistema o proceso está subsumido o anidado dentro de otro. Lo jerárquico no tiene propiedades transitivas. Las células de un organismo son componentes del mismo, pero no son parte de la población de la cual el organismo es componente. Cada jerarquía tiene propiedades emergentes que definen sus propios componentes reales. Lo heterárquico implica que las estructuras o procesos operan embebidos en escalas diferentes; son sistemas jerárquicos que despliegan complejidad interaccional o transitiva. Los componentes interaccionan y se encuentran en-acción con otros componentes a diferentes niveles de jerarquía. Existe filtración, porosidad y emergencia. Es obvio que un organismo desarrolla tanto una organización jerárquica como heterárquica. Componentes más simples conforman o se encuentran embebidos en componentes a un nivel jerárquico superior: átomos en moléculas, moléculas en otras estructuras más complejas, como pudieran ser cromosomas, mitocondrias, tejidos, órganos, sistemas de órganos. Pero, al mismo tiempo, la organización es heterárquica, pues la energía fluye a través de todos los niveles, y muchos componentes también operan o se desplazan entre los diferentes sistemas, como los líquidos corporales, anticuerpos, hormonas.... Lo mismo ocurre en cualquier comunidad, ecosistema u organización de relaciones complejas entre grupos de organismos, como las sociedades de ciertos insectos y, por supuesto, las sociedades humanas.

5. Endilgar el término paradigma a la complejidad resulta, también, un asunto complejo. Desde el punto de vista técnico, la complejidad puede considerarse como un paradigma, aún en plena emergencia, y así resulta frecuentemente reconocido en la literatura. Lo paradigmático, a la larga, tiene el riesgo de convertirse en un dogma, o en

un obstáculo. Ello es de esperar, porque los paradigmas responden a la cultura, a la ciencia y a los intereses e inquietudes cognitivas y cosmovisivas de comunidades en épocas concretas y, por consiguiente, a períodos históricos particulares y transitorios. No obstante, Munne (1995) reflexiona de manera más relajada al respecto, al sugerir que un paradigma es una prototeoría, especie de prototipo o primer “molde” de algo que sirve de pauta. En el criterio de Munne, ello tiene la relevancia práctica de condicionar la definición de los problemas, la obtención y la selección de la información, e incluso la decisión de actuar en determinada manera, es decir, de orientar la actuación profesional, ya se trate de análisis, diagnóstico o intervención. Pues de lo que se trata es, en definitiva, que seamos capaces de intervenir en la práctica con un horizonte de sentido determinado, coherente, guiados por una teoría que no esté en contradicción con la praxis dada por los supuestos de los que de hecho partimos. Otros le ofrecen un enfoque más arracional a la perspectiva de la complejidad, como Morin, al declarar la necesidad de “comulgar” con la complejidad; o incluso de acceder a ella por la vía empática, como sugiere Capra en *The Web of Life*. Podríamos considerar la “complejidad” una perspectiva no lineal, que no privilegia a priori niveles ontológicos y que concibe a lo arracional como parte consustancial de lo científico. Vista así, la perspectiva de la complejidad trascendería lo paradigmático, pues lo intuitivo, es decir lo arracional, desde el momento que no emerge directamente de la razón, no obstante estar articulado con ella, constituye siempre una novedad, no es posible predeterminarlo. La intuición es siempre un pulso emergente de un momento y un contexto específico, y por lo tanto es impredecible. La complejidad constituye una cosmovisión, cuya perspectiva global es la construcción de conocimiento del mundo (identificado éste como una red de procesos no-lineales) a través de la inclusión deliberada del sujeto en esta construcción, y la construcción de conocimiento sobre el propio sujeto que conoce. Y si el sujeto se encuentra insertado conscientemente en la construcción del conocimiento, entonces se asume lo arracional, lo intuitivo y lo serendípico. Y ninguna de estas tres propiedades constituye parte integral de ningún paradigma “formal”. De hecho, Ciurana (2001a) expresa: “...si somos capaces de comprender que la complejidad es ante todo un paradigma, una forma de pensar, nos daremos cuenta de cómo la cultura general puede cambiar de aspecto”. Vista así, la complejidad es, al menos, una gran metametáfora-guía, un gran metaparadigma transdisciplinar, capaz de tener efectos globalizantes en la cultura planetaria. La complejidad representa una perspectiva co-constructiva, a través no sólo de lo científico, sino de lo artístico, y promulgadora entusiasta del diálogo y comunión ciencia-arte. Es posible un comulgar empático con la socióloga argentina Denise Najmanovich, cuando nos dice, “un abordaje complejo de la complejidad implica desembarazarse de las pretensiones de mantenerla cercada, de formalizarla, de atraparla en un modelo, de constreñirla a un paradigma”. Si la complejidad es el reconocimiento de que el universo y la conciencia son un enmarañado sistema de creatividad y emergencias, de un dinamismo que siempre se encuentra en proceso, en siendo, entonces la complejidad, como asevera Najmanovich, es un “proyecto siempre vigente, siempre en evolución”, siempre en siendo, junto con el universo.

6. Según SOS (2000), las interacciones constituyen influencias entre componentes debido a sus interconexiones. Las interconexiones pueden adoptar diferentes y múltiples manifestaciones, materializan fuerzas elementales como la gravitación,

campos electromagnéticos, contacto físico de cualquier tipo o intercambio de información y sentido. La sensibilidad de la interacción entre componentes provoca reacciones, procesos, intercambios; incrementa la riqueza y complejidad del comportamiento del sistema. La en-acción es una consecuencia de que los componentes no sólo interaccionan, sino que la propia cohesión e integridad del sistema, su holicidad, hace que los componentes no sólo están o son en el sistema, sino que están siendo; se encuentran embebidos en la “matriz sistémica”, en una dinámica contextual momento por momento. Están continuamente siendo, embebidos en su propia historia. La en-acción provoca los comportamientos emergentes, la heterarquía, la creatividad de los sistemas complejos. De acuerdo con Morin (1993), la interacción y la organización son consustanciales: “Para que haya organización es preciso que haya interacciones; para que haya interacciones es preciso que haya encuentros, para que haya encuentros, es preciso que haya desordenes (agitación, turbulencia): encuentros, condiciones de encuentro, determinaciones/constreñimientos, que depende de la naturaleza de lo que se encuentra. En ciertas condiciones se convierten en interrelaciones (asociaciones, uniones, combinaciones, comunicación, etc); es decir, dan lugar a fenómenos de organización”.

7. La retroalimentación (feedback) es consustancial de la complejidad. Es la conexión entre lo que entra y sale de un sistema, entre la regulación de los procesos en las intimidades del sistema. La retroalimentación es la emergencia de un bucle recursivo donde lo producido y lo producente se autorregulan. El feedback negativo mantiene la metaestabilidad u homeostasis del sistema, el orden; es el responsable de la recursividad natural de los procesos, de los ciclos bioquímicos y del flujo normal de energía o de comunicación entre los individuos en las sociedades, garantiza el desarrollo normal de los procesos y actividades que mantienen la cohesión y continuidad del sistema. El feedback positivo potencia, impulsa: puede conducir al borde del caos, y de ahí a una bifurcación hacia una metaestabilidad nueva, hacia la creatividad, o incluso hacia la destrucción; pero es tan imprescindible como el negativo. Es el bucle recursivo que moviliza energía ante situaciones de emergencia, como puede ser la perturbación por factores físicos o biológicos en un nido de insectos sociales; así, los individuos son reclutados para efectuar reparaciones o defender el nido. En organismos individuales, el equivalente es la producción de adrenalina con su efecto potenciador del estado de plena eficacia de los sentidos y de todo el cuerpo para afrontar contingencias. Por supuesto, y como se comenta en este Capítulo, la retroalimentación positiva tiene la facultad eventual de entrar en resonancia con ella misma y conducir al sistema a un punto de bifurcación hacia el caos, pero también hacia un nuevo orden.

8. En palabras de Morin (1993), la recursión es todo proceso cuyos resultados o procesos finales producen los estados o causas iniciales. La recursión es el proceso mediante el cual una organización produce los elementos y efectos que son necesarios para su propia generación y existencia. La invarianza relativa depende de la recursión. Hay relación recursiva entre la organización y la renovación de los componentes. Así nace y se mantiene el estado primario de toda organización activa: el estado estacionario. Una vez constituidos, la organización y su orden propios son capaces de resistir a un gran número de desórdenes. De acuerdo con Maturana (1995), la

recursión se percibe cuando la re aplicación de una operación ocurre como consecuencia de su aplicación previa. Distinguimos una repetición cuando, para esta última, el observador puede sostener que una operación dada es realizada de nuevo, independientemente de las consecuencias de su realización. Por lo tanto, lo que distingue al acaecer recurrente como una recursión o una repetición, es la manera en que se asocia con otros procesos. Cuando algo se repite, el observador discierne que todas las cosas asociadas a un proceso particular no varían. Cuando el observador enfrenta una recursión, experiencia un fenómeno diferente, las asociaciones cambian, se hacen dinámicas. Maturana lo ejemplifica así: si las ruedas de un carro patinan, este permanece en el sitio; el observador ve el girar de los neumáticos como repetitivo; pero si el auto se mueve, el girar, que es en sí un fenómeno recurrente, se percibe como recursivo, porque el traslado en el espacio establece asociaciones que varían momento por momento. Si se siembran en el mismo terreno el mismo cultivo año tras año, la siembra recurrente deviene recursiva, porque agota los nutrientes del suelo y debilita al producto. De manera que lo característico de la complejidad es la dinámica recurrente de connotaciones recursivas. En conclusión, tenemos que en los fenómenos complejos resulta básico el principio de recursividad organizacional. Un proceso recursivo es aquel en el cual los productos y los efectos son, al mismo tiempo, causas y productores de aquello que los produce. La sociedad es producida por las interacciones entre individuos, y el tipo de interacciones entre individuos está condicionado, en sentido general, por las peculiaridades de cada sociedad. La sociedad “produce” a los individuos que la producen. La recursividad hace añicos el concepto de causalidad lineal; de hecho, es un proceso auto-causal y creativo.

9. La autocatálisis o ciclo autocatalítico ocurre cuando un grupo de componentes sólo reacciona en determinadas vías, de manera autoconstruida. Una molécula **A** puede catalizar su propia formación a partir de sus propios fragmentos. Pero también una molécula **A** puede catalizar la formación de otra molécula **B**, a partir de fragmentos de esta última, mientras que **B** haría lo mismo respecto a **A**. El sistema **AB** catalizaría, colectivamente, la formación de **A** y **B**, no alguna de estas por separado. Existen, realmente, procesos autocatalíticos colectivamente, con decenas o cientos de proteínas. Estas redes colectivas autocatalíticas constituyen la “esencia” de la vida y tienen una existencia sistémica, holística. Kauffman (2000) apunta que una célula es un “todo” organizado. Una célula no es una clase de molécula única autoprodutora de sí misma, sino es como un rico y complicado tapiz de sucesos moleculares (ciclos bioquímicos, transferencias constantes de ADN a ARN, a proteínas, transporte de materiales por complejos pliegues del citoplasma, rupturas de moléculas para producir energía que alimentan todos estos procesos, disposición de productos de desechos, y toda una integración de procesos dinámicos), mediante los cuales la estructura holística celular propaga reproducciones de sí misma. La vida subraya Kauffman- está basada en conjuntos autocatalíticos colectivos de moléculas, no en la replicación de plantillas de ADN per se. La vida sería una propiedad emergente de estos retículos complejos de reacciones químicas. La vida, destaca Kauffman, habría emergido “compleja”.

10. D. S. Wilson (1988) considera que el holismo es utilizado en al menos tres modos distintos. Mecanicista. Este modo se refiere al holismo como intervención de diversos

factores que producen un efecto global. Descriptivo. Es la simple operación de descubrimientos de patrones generales de diversos tipos en un sistema. Los patrones son correlaciones, no dicen nada acerca de relaciones causales entre partes. Luego se buscan explicaciones de tipo reduccionista. Metafísico. Existen fenómenos a un nivel que pueden ser explicados, incluso sin conocimiento de sus componentes individuales. Verbigracia, el incremento en grosor de conchas en caracoles, que puede haberse desarrollado como ventajoso ante determinados factores ambientales físicos o presiones de depredación. Los componentes químicos de la concha le permiten tener determinadas propiedades a la misma, pero no intervienen, causan o provocan la variabilidad en el grosor. Wilson confiesa que él no tiene soluciones que ofrecer a las diferentes concepciones o malos usos del holismo, pero insiste en que el concepto tiene un profundo mensaje para ecólogos y evolucionistas; el mensaje de la complejidad, de lo útil.

11. En su interesante y especulativo libro *Investigations*, Kauffman define al trabajo (W) como la liberación constreñida de energía, o sea, liberación de energía con un reducido número de grados de libertad. Pero se requiere de trabajo para construir dichas constricciones; así, se produce un bucle recursivo de WconstreñimientoW. Kauffman explica que la propia organización emergente construye los constreñimientos; el sistema “detecta” fuentes de energía que se utilizan para producir W. Es un acoplamiento de procesos no espontáneos y espontáneos, autoorganizados. El universo discurre Kauffman- está lleno de fuentes de energía. Las estructuras y procesos en no-equilibrio son fuentes de energía que a su vez ponderan, detectan y capturan fuentes de energía, y así construyen nuevas estructuras constitutivas de constreñimientos sobre la liberación de energía, para así conducir procesos no espontáneos (constreñidos) para crear más de tales procesos noveles y diversificantes, estructuras y fuentes de energía. Kauffman confiesa alegremente que apenas si tenemos conceptos para enunciar estos tópicos. No tenemos todavía una teoría coherente para esta negociación entre proceso y estructura; pero manifiesta estar seguro de que, cualquier cosa que sea y cómo ocurra, realmente ocurre de alguna manera efectiva en nuestra compleja biosfera.

12. Básicamente, un comportamiento que sigue esta ley se evidencia cuando una distribución de valores adopta una forma tal que, mientras más elevados los valores, serán menos frecuentes. Un sistema sujeto a esta dinámica exhibe la misma configuración con independencia de la escala; tiene un comportamiento fractal, constreñido por atractores caóticos. La representación gráfica de esta dinámica configura una recta que emerge del valor logarítmico de la frecuencia del fenómeno vs. el valor logarítmico de su magnitud en alguna escala. Sin embargo, también existe una ley de potencia “a la inversa”, donde las “avalanchas” más frecuentes, son las de mayor impacto. Estas relaciones ponen en evidencia, de igual modo, el comportamiento de procesos y fenómenos complejos. Casti (2001) menciona los siguientes ejemplos con el uso del idioma Inglés y la frecuencia de ciertas secuencias de bases nitrogenadas en el ADN “chatarra”, o sea aquel que, aparentemente, no interviene en la codificación del ensamble de proteínas. Entre las palabras de mayor frecuencia de uso están, en este

orden, the, of, and, to, I, or, say etc. Si una persona con un vocabulario muy amplio, de unas 100 000 palabras, escribe un texto, las 10 palabras que aparezcan más veces ocuparían un 24% del mismo. Si la persona sólo maneja unas 10 000 palabras, las 10 más frecuentes ocuparían alrededor del 30% del texto. Esta Ley de Potencia en particular, es conocida como “Ley de Zipf” o “Ley del menor Esfuerzo”. En el Sabueso de los Barkerville, texto de 59 498 palabras, Arthur Conan Doyle utilizó un vocabulario de 10 000 palabras diferentes. El orden de la frecuencia de aparición de este caso real es pasmosamente semejante al esperado, excepto en pequeñeces, tales como “and” en el segundo rango y “to”, que pasa del rango cuarto al quinto. Esto parece indicar que los lenguajes se autoorganizan alrededor de atractores dinámicos de sentido, que representan un determinado valor subjetivo de información máxima, materializado por un cierto número de palabras cuyo sentido es captado “fácilmente” por todos los parlantes de tal lengua en particular. Casti lo interpreta como la acción de un proceso de selección. Los lenguajes naturales que sobreviven son aquellos capaces de transmitir la máxima cantidad de información a un costo dado, medido por el tiempo promedio necesitado para producir las palabras del lenguaje en cuestión. Por otra parte, se obtuvo que, si se forman “palabras”, cuya longitud fluctúa entre 3- 8 bases de ADN chatarra de bacterias de levadura, también se manifestaba una ley de potencia. Ello parece indicar un sentido biológico para esa “chatarra”, que tal vez no lo sea, después de todo. Solé (2005) llama la atención sobre otra arista de este fenómeno. Las palabras más comunes son menos específicas y pueden ser conectadas a muchos objetos o acciones, mientras las más raras son más específicas y sólo establecen conexiones limitadas. De esta manera, se autoorganiza una red de significado y sentido entre objetos, representaciones y acción. Por ejemplo, comer estaría asociado a carne y viceversa. Este retículo de asociaciones representa una red semiótica. La supervivencia, el accionar con sentido para sí mismos de los seres vivos, la adecuación al ambiente, la ecoipoiesis, constituyen en esencia redes semióticas, un lenguaje. Sobre estos tópicos insistiremos en los Capítulos 3 y 4.

13. La emergencia no escapó a la sagacidad de Aristóteles. Según relata Goldstein (1999), Aristóteles razonaba que la longitud era, en primer lugar y ante cualquier otra consideración, un todo. Este todo podría ser dividido en un número infinito de partes; no obstante, el todo era fundamentalmente irreducible a esas partes. De hecho discurría el insigne pensador- una distancia puede atravesarse porque es justamente un “todo delante de sus partes”. En la consideración de Goldstein, en esta idea subyace la coherencia de una estructura emergente como consistente en algo más que la mera colección de sus partes; pero existe una diferencia crucial. El constructo epistemológico del “todo delante de sus partes” connota una entidad coherente pre-dada, estática, mientras la emergencia, concebida como un fenómeno no-lineal, no está pre-dado, constituye un evento dinámico espontáneo, como resultado de interacciones entre componentes de un sistema dinámico no lineal. Pero pensamos que esta lucubración de Aristóteles se sumergía también por otras honduras, debido a su sospechosa conexión discrepante con el mismo ejemplo aducido por el pensador Zenón de Elea (490-430 AC), conocido como ingenioso hacedor de paradojas. Este filósofo y matemático alegaba que un corredor nunca puede llegar a la meta, pues necesita recorrer una distancia. El problema radica en que antes de arribar a la meta, debe recorrer la mitad de la distancia total y antes de llegar a esa mitad, pues debe correr la mitad de la mitad de la

distancia anhelada. Como una distancia puede representarse como una línea entre dos puntos, y toda línea puede dividirse en infinitos puntos, entonces el corredor tendría que recorrer una distancia infinita, la cual es imposible de vencer en un tiempo finito. Por consiguiente, el movimiento es lógicamente imposible. Para Zenón, el ser no podía ser contradictorio, de ahí la paradoja del movimiento, al ser el movimiento claramente una contradicción. Evidentemente, a Zenón se le escapó, como precisó Hegel, que el desplazamiento no es un asunto de paradojas, sino un proceso dialéctico, pues significa el estar en un lugar, al mismo tiempo que no estar en él. Es la unidad y la articulación de la discontinuidad y la continuidad del espacio y el tiempo. De cualquier manera, la moraleja, y no la paradoja, sería asimilar que, donde la lógica formal, la deducción pura, nos deja en un callejón sin salida, el pensamiento dialéctico busca alternativas viables. Zenón no sólo se divertía creando paradojas, también fue el primero en introducir el diálogo en la filosofía y fue considerado por el propio Aristóteles como el fundador del método dialéctico, debido a la habilidad que desplegó al establecer debates que estimulaban las discusiones contradictorias y enjundiosas. No obstante, lo paradójico hoy día se acepta como una propiedad consustancial del carácter contradictorio del mundo. Así, la verdadera paradoja sería concebir o descubrir fenómenos alienados de lo paradójico.

14. Una red booleana o modelo NK, es una colección de estados lógicos (SÍ, NO, Y, APAGADO, ENCENDIDO, Entonces ETC.), cada una de ellas con K entradas, de manera que puede generarse una colección de funciones lógicas posibles. Kauffman establece una metáfora entre el funcionamiento de una red autocatalítica: sistemas de enzimas, sustratos y productos, con la de un retículo de bombillas eléctricas conectadas por alambres. Por supuesto, ello es tan sólo una idealización útil, que pretende captar el proceso real básico. Una enzima que cataliza o neutraliza la función de otra es como una bombilla que facilita que otra bombilla se apague o se encienda. En un organismo real, se sabe que existen toda una serie de condiciones intermedias, pues la acción de las enzimas depende de su concentración, sustrato etc. En el retículo de bombillas, cada componente funciona determinado por las entradas que recibe de otras bombillas. En un retículo con 3 bombillas (A, B, C), Hay 8 posibles combinaciones de apagado (0) encendido (1): (000), (001), (010), (011), (100), (101), (110), (111). Cada número especifica el estado posible de cada bombilla en un momento en particular. Mientras más bombillas tenga el retículo, las posibles combinaciones colectivas para que bombillas en particular se apaguen o se enciendan se hacen astronómicas. El funcionamiento del retículo de bombillas, contraintuitivamente, no es desordenado; sino que se estabiliza en un patrón coherente y repetitivo. Como se señala en el capítulo, Kauffman encontró que un retículo de 100 000 bombillas (N) con dos entradas (K) cada uno (encendido-apagado) se estabiliza en 317 patrones (que representan atractores del sistema) o ciclos. Todo el inconcebible inmenso espacio de fases posibles o de ciclos por los que pudiera transitar el sistema, queda “exprimido” a un patrón de posibilidades ridículamente pequeño. Lo que constituye, sin lugar a dudas, una impresionante manifestación de lo que Kauffman ha bautizado como “orden por la libre” o autoorganización espontánea de muchos fenómenos en la naturaleza. El orden espontáneo es un fenómeno genérico de la naturaleza.

15. Ayala (1998) nos ilustra acerca de lo que verdaderamente denota y connota el término póiesis, el cual viene del griego poieo: hacer o producir. El mito helénico cuenta sobre la póiesis del mundo; la forma en que la divinidad crea a partir de sí misma para ser no sólo ego, sino también alter. La póiesis, la creatio, significa un remedio contra la angustia del silencio, del aburrimiento y de la añoranza por lo otro, por la alteridad. En última instancia, lo que produce a la propia póiesis es el deseo, el sentido. Existen dos pilares de la ética clásica, la praxis y la póiesis. La praxis es la acción por la propia virtud de la acción, no tiene más sentido o significado que el propio acto de acción, no importa el efecto. La póiesis es una acción que tiene sentido porque se quiere producir algo. Humberto Maturana según Ayala- al añadir el prefijo auto, quería indicar que la autopóiesis se trataba de una producción, de un efecto perseguido expresamente, y no de una praxis. La autopóiesis consiste en producirse a sí mismo. No tiene sentido proponer autopraxis, ya que sería una reduplicación de lo que la praxis hace por sí misma, sin perseguir ningún sentido. Pero la cosa no es tan sencilla. Lo anterior fue la idea que se le ocurrió a Maturana después de conversar con un profesor de filosofía. Ayala expone que la praxis está justamente caracterizada por la intención de realizar una acción deliberada, tiende hacia un fin, aunque el sentido esté puesto en la propia acción. La acción se justifica por sí misma. La autorreferencia de la praxis no pretende crear, pero sí busca la quiddidad, es decir, fija los medios para realizar un fin propuesto. La póiesis, en cambio, busca producir una obra que es exterior al agente autoproducente. La creación busca un otro, como el vínculo con lo mismo que se produce como un otro. Por ello, sentencia Ayala, introducir el prefijo auto en este caso es un poco absurdo. La póiesis, según sus palabras, siempre viene de otro o, en el mejor de los casos, de la escisión de lo mismo como alteridad, entendiéndose que esta alteridad no es un elemento autocreado de lo mismo. Toda póiesis implica necesariamente la producción de otros sistemas, y no la creación de un contexto para que un sistema pueda crearse a sí mismo. La póiesis implica justamente la producción de lo otro para que lo mismo tenga algún sentido. Ayala puntualiza que Luhman (1996), al referirse a la autopóiesis como “no se trata de una creatio, de una invención de todos los elementos, sino sólo de la producción de un contexto, cuyas condiciones elementales ya se encuentran puestas”, en realidad lo que está explicando es la praxis aristotélica, porque desde el momento en que no se trata de una creatio, ya no es una póiesis. Todo parece indicar que la definición de uno de los conceptos cruciales para la biología desde la perspectiva de la complejidad, la autopóiesis, tiene su raíz en un despiste semántico-filosófico.

16. Edgar Morin consigna auto- (geno-feno-ego)- eco-reorganizado. De acuerdo con lo expuesto, todo organismo es un sistema auto-ecopoiético. El geno tiene la doble connotación de unidad genómica y de reconocimiento del gens, de lo semejante, de lo familiar, cualidad que poseen los organismos de reconocer a sus alter, aunque el alter femenino sea diferente en aspecto al alter masculino. De no ser así, sería imposible la reproducción sexual. Estos reconocimientos no son sólo limitados al ámbito visual, sino que se extienden a la información y percepción bioquímica. Por lo tanto, no es necesario visualizar a un alter, para culminar su reconocimiento. El feno es la forma, el fenotipo del organismo, pues todo organismo tiene una forma que le es propia y semejante a la

forma, o al sistema de formas, de su propio geno. El ego alude a la identidad autorreferencial de cada organismo. Cada organismo interacciona con el ambiente condicionado desde su propia identidad, cada organismo “alumbra” su mundo autorreferencialmente. La reorganización significa que todo organismo, como sistema abierto de estructura disipativa, se encuentra momento por momento intercambiando y co-determinándose con su entorno y con el ambiente.

17. En ello radica la paradoja del entendimiento de nuestro cerebro. Se dice que nuestro cerebro es tan complejo, que no es posible comprenderlo poseyendo su mismo nivel de complejidad. Para ello sería necesario poseer un cerebro más complejo. Por otra parte, si nuestro cerebro fuera más simple, tampoco lograríamos entenderlo, porque nuestra conciencia y pensamiento abstracto también serían más simples. De esta manera, ni siquiera nos plantearíamos la comprensión del cerebro como un problema. De hecho, el conocido paleoantropólogo Ian Tattersall (2001) lamenta que no tenemos ninguna idea en lo absoluto de cómo el cerebro convierte una masa de señales eléctricas y químicas en lo que percibimos individualmente como patrones de conciencia y pensamiento. Para Tattersall, esto representa lo que será decisivo de entender, si alguna vez logramos dar el salto para captar la posibilidad de comprender exactamente qué es y cómo emerge lo que nos capacita para ser humanos.

18. Gell-Mann nos guiña un ojo o al menos eso nos parece- cuando nos endosa tan beatíficamente que el quark es la metáfora de lo simple. Las teorías más recientes sobre la estructura del átomo ya ni siquiera se limitan a describir al núcleo atómico como una especie de burbuja bullente, donde protones, neutrones y los quarks que los integran se mueven a velocidades superiores a 50 000 km/s. Ahora resulta que las partículas se conciben como “flagelos” unidimensionales que vibran frenéticamente, con el espacio/tiempo de fondo, según expresión de Hawking (2002), en un universo de tal vez hasta 10-11 dimensiones. Dichas vibraciones son interpretadas como “partículas”. Nuestro mundo tridimensional se desarrolla en el límite de alguna de esas dimensiones. Dentro del mundo subatómico, el quark es tal vez una de las “partículas” más complejas. Shipsey (2004) reconoce con toda placidez que no existe nada parecido a un quark libre. Los físicos han distinguido unas seis clases de quarks en tres tipos de “colores”, cuyo significado está relacionado con las combinaciones que producen para formar otras partículas. Cada clase de quark existe ligado a otra clase de partícula, incluyendo anti-quarks, en una continua desintegración para dar lugar a otras partículas en interrelación, donde lo único invariante es el continuo y alucinante proceso de desintegración intercambiable y de liberación de energía.

19. En el criterio de Tattersall (2001), el lenguaje es una aptitud única que no aparenta haber emergido de un “protolenguaje” tipo simio. El lenguaje parece haberse autoorganizado de manera muy rápida. Es probable que el cerebro humano, junto con la correcta disposición de la laringe, haya estado capacitado para “comenzar a hablar” mucho antes de que realmente surgiera la aventura de la comunicación parlante. No se conocen evidencias, sostiene Tattersall, de que haya existido una evolución lenta y gradual para el fenómeno que nos hace típicamente humanos. Algo ocurrió que dispuso la escena para la creación del lenguaje. Esta innovación, esta verdadera

revolución en la evolución de la vida, según el criterio de este antropólogo, debió de haber dependido del fenómeno de la emergencia, es decir del resultado de la combinación de elementos preexistentes que originan algo totalmente inesperado. La emergencia afirma- suministra un mecanismo poderoso para el proceso evolucionario, y es realmente una fuerza rectora que propulsa las innovaciones hacia nuevas direcciones evolutivas. Por su parte, Capra (2002) apunta que las zonas del cerebro rectoras de los movimientos de las manos son las mismas que rigen los movimientos de la lengua. Así, el lenguaje pudo haber emergido como una especie de “transferencia” de la comunicación por signos manuales a la de los sonidos a través del aire, posibilitado por la interacción sincronizada de la lengua y la laringe. Capra se basa en que primates como los chimpancés exhiben un rico sistema de comunicación gestual en libertad, el cual puede ampliarse considerablemente mediante un entrenamiento conducido por humanos. De igual modo, la conducta gestual de los autistas y sordomudos sugiere que la comunicación a través de las manos es una capacidad instintiva en los seres humanos, posiblemente preexistente a la propia capacidad instintiva de aprender a hablar. De hecho, el lenguaje corporal, mediante gestos, posturas y actitudes, aunque generalmente pasa inadvertido para las personas no muy observadoras, es tan connatural en la comunicación humana como el lenguaje articulado sonoro. Y dentro de este lenguaje corporal, la gestualidad con las manos ocupa un lugar destacadísimo. Capra propone la posibilidad de que la propia complejización de las relaciones sociales de los grupos humanos más antiguos, consustancial con el desarrollo de construcción constante de instrumentos de todo tipo, propició probablemente la “liberación” de la lengua, al perder las manos su importancia como transmisoras de comunicación, mientras se incrementaba su importancia como constructoras. El lenguaje de signos y el lenguaje hablado conforman dos manifestaciones del lenguaje gestual. Tanto las manos como la lengua se mueven y posicionan en lugares precisos para producir signos y transmitir información. Capra razona que el lenguaje se originó en la gestualidad y la gestualidad se enriqueció, complejizó y refinó a través de la confección de instrumentos (la forma más simple de la tecnología). Ambos procesos, gestualidad y construcción de instrumentos evolucionaron juntos, es decir, coevolucionaron conjuntamente, a través de continuos bucles recursivos de retroalimentación positiva y emergencias sinérgicas. Ello implicaría que la tecnología es una parte esencial de la naturaleza humana, inseparable de la evolución del lenguaje y la conciencia. Ya desde el siglo XIX, el filósofo Engels expresaba su convicción de la importancia del trabajo como co-determinador de lo más esencial del ser humano.

20. Para comprender a cabalidad un lenguaje, su sentido, es necesario experienciarlo también desde un contexto. Ese contexto auto-exo-referencial es el horizonte. Casti (2001) cita un ejemplo de lo que ocurre cuando se intenta encontrar sentidos no contextualizados, desprovistos de horizontes. Al traducir desde el idioma inglés un programa de computación la siguiente frase, “el espíritu es fuerte, pero la carne es débil” (the spirit is strong, but the flesh is weak”) al idioma ruso, se obtuvo lo siguiente, “el vodka estuvo bueno, pero la carne estaba podrida” (“the vodka was good, but the meat was rotten”). De igual modo, en algunos idiomas las mismas palabras cambian radicalmente su significado en dependencia del cómo se pronuncien, o sea, del sentido

con el que se empleen. Pero carece de sentido encontrarle sentido a ese sentido desde otro horizonte, pues éste ha emergido, se ha autoorganizado dentro de un horizonte conversacional específico y vive así a través de la red de conversaciones de esa cultura. Por supuesto, el sentido tiene que ver con la información, con la diferencia que hace la diferencia, en el decir de Bateson (1982). Tait (2000) explica que la información es un ente trascendental, porque no opera en el dominio del espacio ni el tiempo, sino en el dominio virtual, por lo tanto no es medible. Y así lo ejemplifica: “Una jarra de plástico frente a dos observadores puede llegar a presentarse de distinta manera. Si a uno de ellos se le oculta el asa la percibirá como un vaso; no obstante, una balanza podrá estar indicando su peso total, asa incluida, lo cual no hará ninguna diferencia para la percepción de este observador. La información que él recibe y agregamos nosotros, la realidad que él se construye a sí mismo con esta información- no se altera por el hecho de que el observador aquilate el peso del objeto en la balanza, lo que pertenece al dominio de lo material”. Tait plantea que la información puede tomarse como una medida de la forma, y dado que no es posible categorizarla en quantums y de allí poder procesarla en el lenguaje, la información no pertenece ni al tiempo ni al espacio; por lo tanto, tampoco es reducible a algún componente medible, ni tampoco es causal. La información configura un bucle recursivo con el sentido, también en calidad de horizonte. Si una persona jamás ha visto un vaso, entonces la forma de un vaso no le será informativa, carecerá de sentido para él.

21. *Per se notum* significa notarse a sí mismo. Ello implica que un sentido específico, a la vez que autorreferencial, no se basta a sí mismo, es parte de una red de sentido. Cada uno de los nodos de sentido está en contacto con otros, de manera que nos percatamos del sentido de algo por su relación de sentido con otros elementos. Ese es el caso del significado de las palabras en el lenguaje. El significado de cada palabra emerge sólo en relación con el significado de otras palabras. El lenguaje es una red de redes de significado y sentido; las palabras se co-definen unas a las otras. Por supuesto, es necesario poseer información previa de la red; mejor aún, es necesario habitar esa red. De otra manera, todos los elementos de la red carecerían de sentido para nosotros. Consideremos por un momento que si escuchamos a dos personas conversando en otro idioma, del cual no tenemos información previa, no captamos sentido en nada de lo que dicen (a menos que, por alguna situación específica, por el tono, la gesticulación, el énfasis en ciertos ademanes etc, podríamos inferir, de manera muy general, algún sentido con dicha información, pero nunca el significado de las palabras), porque no percibimos ninguna diferencia que haga una diferencia para nosotros. La misma percepción nos asalta cuando no le vemos sentido a las costumbres y haceres de una cultura ajena, aún cuando tengamos información sobre el por qué, desde la perspectiva de dicha cultura, de tales hábitos y actividades. Pero, en realidad, no le tenemos que encontrar ningún sentido, porque los respectivos horizontes, el nuestro, y el 'otro', se han autoorganizado de manera diferente, en contextos históricos y sociales independientes. Cada cultura es como un vector eigen, siempre tiene sentido para sí misma. Es importante también destacar que la información, en cualquiera de sus definiciones, es sólo información desde un horizonte de sentido. De otra manera, representa un simple ruido ambiental. Como lo expuso Capra (1996), “no se piensa con información, sino con ideas”.

22. Lo que estos autores nos han estado perfilando a través de sus respectivos discursos, es un bucle recursivo emergente entre sociedad y seres humanos. Los seres humanos no forman parte de la sociedad en el sentido que la sociedad es una totalidad emergente, es un resultado, una organización no-lineal, con relación a las personas que la integran. La sociedad es un poderoso constreñimiento de arriba-hacia-abajo. Y sabemos que los componentes cuyas interacciones provocan las emergencias son “ciegos” y se pudiera decir, completamente ignorantes y alienados de estas emergencias que, a la vez que son una consecuencia de interacciones no lineales entre individuos, pueden ejercer sobre esos mismos individuos grandes restricciones. De igual modo, estos constreñimientos de arriba-hacia-abajo, a la vez que restrictivos en uno o múltiples sentidos, pueden ser también enriquecedores. Las emergencias de un sistema tienen la posibilidad de establecer constreñimientos restrictivos en un sentido y enriquecedores y de apertura de posibilidades nuevas de desarrollo por otro. Toda persona viene al mundo como un ser que pertenece a un sistema social particular, el cual lo preexiste y antecede, y lo constriñe-enriquece o constriñe-empobrece y viceversa, y en el cual se encuentra literalmente inmerso sin que en ello medie para nada su voluntad. Como todo constreñimiento, la acción de la sociedad sobre los individuos abre y cierra posibilidades. Con dicho sistema, el individuo puede o no tener un proceso de comunicación satisfactorio. De acuerdo con estos modelos, los seres humanos son entorno de lo social, no partes constitutivas del sistema social. Pero si somos consecuentes con el concepto de entorno bosquejado en el Capítulo 2, en el sentido de que organismos y entornos se co-determinan unos a los otros, entonces la alienación ser humano-sociedad no es absoluta, como fenómeno holístico, pues gracias a esta relación co-definida y co-determinada, es que seres humanos y sociedades son capaces de cambiarse los unos a los otros, si es que también somos consecuentes con la conceptualización de los procesos emergentes.

23. Tait considera básicamente tres principios filosóficos. (I) **El principio de homogeneidad**, basado en que la compatibilidad de las cosas permite su integración en un todo (el agua con el aceite no se mezclan, pero sí lo hacen el agua con el agua y el aceite con el aceite). Es un principio relacional e interaccional que apunta hacia el orden espontáneo, natural, de las cosas. Este principio acciona como habilitador o facilitador de que las sustancias o entidades con similares propiedades de especificación puedan asociarse. Incluso, también opera para procesos no materiales, como el pensamiento. (II) **El principio de causalidad**, que indica simplemente que a todo efecto se le antepone una causa que lo origine. Ello está referido en el sentido eficiente aristotélico, cuestionado por Hume. Este principio establece la relación que enlaza los fenómenos pertenecientes al tiempo y al espacio. (III) **El principio de la cantidad y de la calidad**, como hecho de que al primero le podemos sumar objetos unos con otros (v. g.: $1 + 1$ es 2; $3 + 4$ es 7; etc.), mientras que a la segunda podemos adicionar sólo cualidades predicables (v.g.: rojo más rojo es rojo; azul más amarillo es verde, verdad más verdad es verdad; etc). Tait expone que la cantidad responde a la suma aritmética y la calidad responde a la unión lógica; por lo tanto, no son principios homogéneos. Estos principios operan básicamente para fenómenos distinguibles por su materia y su forma. La materia la identifica como la traducción de la masa o peso, es decir, de la sustancia en energía,

mientras caracteriza la forma como la información del objeto o fenómeno. Los fenómenos al margen de estas caracterizaciones son los trascendentales. Lo trascendental no es ni material ni formal, no es posible medirlo. Así, los eventos trascendentales no pertenecen al tiempo ni al espacio, ni siguen secuencias causales, sencillamente los trasciende. Tait identifica esta categoría de fenómenos con todo lo relacionado con el subjetivismo humano, el sentir, desde la intuición, el pensamiento racional, los sentimientos de simpatía, amor u odio, hasta la recepción corporeizada de la información que construimos del mundo exterior. En ello reside la percepción de sensaciones como los colores, o el placer que emerge de leer o contemplar algo que nos motiva, o el de acariciar superficies que se nos antojan agradables, como un cuerpo vivo, suave, cálido y fragante, o incluso la superficie de un objeto, que puede ser fría, pero la combinación de contextos subjetivos y externos específicos y singulares la hace placentera. Un ejemplo clásico de la trascendencia del sentir, son los dolores “fantasmas” en componentes que el cuerpo ha perdido, como el dolor de un miembro amputado y, por consiguiente, inexistente. Otro caso es el de piezas dentarias sanas, que comienzan a “doler” después de haberse extirpado la pieza dañada. Es decir, son sensaciones trascendentes: se encuentran “más allá del espacio”.

24. Tait (2000) aclara que lo trascendental, siendo un ente con la propiedad de quantum no mensurable es, por consiguiente, reflexivo, y así, fuera de la causalidad cognoscitiva cerebral. En relación con el tiempo y el espacio, Hume expresó: “De igual modo que de la disposición de los objetos visibles y tangibles recibimos la idea de espacio, formamos la del tiempo sobre la base de la sucesión de ideas e impresiones. El tiempo, por sí solo, no puede manifestarse ante la mente ni ser conocido por ella. El hombre profundamente dormido, o intensamente ocupado por un pensamiento, es insensible al tiempo; y según que sus percepciones se sigan unas a otras con mayor o menor rapidez, le parece a su imaginación más larga o más corta la misma duración... Allí donde no tengamos percepciones sucesivas no tendremos noción del tiempo... El tiempo no puede aparecer ante la mente, ni aislado, ni acompañado por un objeto constantemente inmutable”. Por su parte, Kant tampoco estuvo ajeno al tema. “El tiempo no transcurre, sino que en él transcurre la existencia de lo mudable. El tiempo no es real como objeto, sino sólo como el modo que tengo de representarme a mí mismo como objeto”. El inglés Locke también se manifestó al respecto: “La idea de duración procede de la reflexión sobre la sucesión de nuestras ideas”. Wittgenstein fue muy explícito al declarar: “No se puede comparar un proceso con el ‘transcurso del tiempo’ tal cosa no existe sino sólo con otro proceso (tal que la marcha del cronómetro). Por lo tanto, la descripción del proceso temporal sólo es posible en cuanto lo refiramos a otro proceso. Esto es exactamente análogo para el espacio”. Tait concluye que el hecho de que la teoría de la relatividad muestra al tiempo y al espacio como relativos no debe asombrarnos, puesto que no son en verdad medibles. “Por un lado razona Tait-comprendemos que todo fenómeno depende del tiempo y del espacio y, como tal, también los propios objetos de la experiencia que lo determinan dependen de él. Si un tren con pasajeros se desplaza, nadie dudará que estará recorriendo un espacio en un tiempo, y que lo mismo les ocurrirá a sus pasajeros y a cada pieza del vehículo....Por otra parte, si especificamos una distancia o un tiempo, necesariamente debemos hacer corresponder en nuestra semántica algún objeto que los configure. Por ejemplo: si

decimos 'de acá hasta acá hay un metro', estaremos entonces expresando una redundancia, pues el 'acá' involucra una coordenada de antemano, o lo que es decir, un punto distante a un centro de coordenadas referido a una distancia de por sí, con referencia a algún otro objeto, no al espacio que no es medible, sino al mismo asfalto que sí es ponderable y se configura en dicho espacio. Lo mismo ocurre con el tiempo; el tiempo no pasa, sino las agujas del reloj como objetos del fenómeno las que se suceden. En síntesis, para medir algo necesitaremos, precisamente, ese algo, y de lo que tomamos nota no es sino de ese mismo algo que se ha modificado en el tiempo o en el espacio, y no otra cosa. De todo ello se infiere que no existe la medida ni del tiempo ni del espacio, sino solamente la de los objetos que la determinan. Éstos 'no son en sí, sino en uno mismo'. Por eso tiempo y espacio no son conocimiento, es decir, no son cognoscibles, sino se utilizan para ello". De manera continua, todos estos pensadores, a través del decursar del tiempo (que de todas maneras transcurre, nos guste o no; el debate es en relación con su "objetividad") nos hacen percatar que la "medida" de la objetividad tiene un inevitable ingrediente autorreferencial y relativo. Todas las inflexiones posibles del sujeto, absoluta, relativa, reflexiva, participativa y hasta como habitante del mundo, intervienen en esta percepción.

25. En reunión de la Asociación Británica para el Progreso de la Ciencia, en Oxford, 1860, se suscitó el siguiente diálogo antológico entre el Obispo Samuel Wilberforce y Thomas Huxley, catedrático, miembro de la Royal Society y entusiasta de la ideas evolucionistas. Huxley fue uno de los pioneros en establecer a la evolución como una disciplina con personalidad propia en los predios docentes y académicos. Wilberforce espetó: "Me gustaría preguntar al profesor Huxley, quién está sentado a mi lado, y que se encuentra próximo a rasgarme en pedazos cuando me haya sentado, acerca de su creencia de haber descendido de un simio. ¿Es por la parte de su abuelo o de su abuela de dónde proviene su ancestría simiesca? A continuación de este sarcasmo, el Obispo adoptó un tono más grave y, en una solemne perorata, disertó que los puntos de vista de Darwin eran contrarios a las revelaciones de Dios en las Escrituras. Huxley se encontraba encerrado en un mutismo hermético, pero fue conminado a responder. Se dice que en tono incisivo y despectivo profirió: "Estoy aquí únicamente en el interés en la ciencia; y no he escuchado nada que pueda perjudicar el caso de mi augusto cliente". Después demostró cuán poco competente era el Obispo para establecer semejante discusión, y pasó a tocar el tema de la Creación. "Dice Ud. que el desarrollo excluye al Creador, pero Ud. asegura que Dios lo hizo; y aún así, Ud. conoce que Ud. en sí mismo fue originalmente un pequeño fragmento de materia, no mayor que la funda de esta caja de lápiz". Respecto a la descendencia a partir de un simio, replicó: "No puedo sentir vergüenza alguna en haber descendido de tal origen; pero sí la experimento de haber procedido de alguien quien prostituyó los dones de la cultura y la elocuencia al servicio del prejuicio y la falsedad".

26. Casi nadie cita jamás las frases que anteceden a este final mítico, tal vez por su mensaje más tétrico: "Es interesante contemplar una enmarañada orilla, revestida con muchas plantas de muchas clases, con aves cantando sobre los arbustos, con diversos insectos revoloteando en los alrededores, y con gusanos arrastrándose a través de la tierra húmeda, y así reflexionar que estas formas elaboradamente construidas, tan diferentes

unas de las otras y tan dependientes unas de las otras, de un modo tan complejo, han sido producidas todas ellas por leyes actuando alrededor nuestro. Estas leyes, tomadas en su sentido más amplio, son las del Crecimiento con Reproducción; la Herencia, la cual es casi implicada por la reproducción; la Variabilidad, de la acción directa e indirecta de las condiciones de vida, y del uso y el desuso: un Radio de Incremento tan elevado como para conducir a la Lucha por la Vida, y como una consecuencia a la Selección Natural, conllevando a la divergencia de caracteres y a la extinción de las formas menos mejoradas. Así, desde la guerra de la naturaleza, desde el hambre y la muerte, los objetos más sublimes que seamos capaces de concebir, digamos, la producción de animales superiores, directamente sigue. Hay una grandeza...". En este párrafo final se evidencian de manera diáfana la contraposición de ideas en la mente del sabio. Junto a un sentimiento reverencial ante la grandeza de la vida, se aprecian el papel central y rector otorgado a la selección natural, a los animales "superiores" (por supuesto, los mamíferos) como lo más sublime de la evolución y además se enfatiza la visión de la evolución como un escenario violento, dominado por fuerzas apocalípticas, como el hambre, la guerra y la muerte. En fin, simboliza la transposición de empresas humanas a la arena de la naturaleza prístina. El propio Darwin define a la selección natural en términos de eliminación y exclusión: "La teoría de la selección natural está afianzada en la creencia que cada nueva variedad, y en última instancia, cada nueva especie, es producida y mantenida por poseer alguna ventaja sobre aquellas con las cuales se encuentra en competición; y la consecuente extinción de las formas menos favorecidas seguirá casi inevitablemente".

27. Kauffman (1996) sostiene que la extraordinaria diversidad de moléculas orgánicas en la biosfera es de tal magnitud, porque es esa misma diversidad molecular la causante de su propia explosión. La diversidad se alimenta de sí misma, llevándose a sí misma hacia delante. La interacción entre diferentes clases de células genera moléculas nuevas, y estas redes de interacción se alimentan a sí mismas, en un torrente de creatividad molecular. Estos procesos son comparables con la fisión nuclear, donde el bombardeo de los núcleos de uranio por neutrones generan más neutrones que a su vez impactan sobre más núcleos, originándose una retroalimentación positiva, que culmina en una tremenda y explosiva liberación de energía en forma de ominosa nube atómica. Kauffman le llama a tal frenesí molecular, comportamiento supracrítico. En semejantes sistemas químicos supracríticos, las especies moleculares facilitan la producción de otras especies y estas a su vez de otras más, hasta que la sobrecogedora nube molecular coalesce en cualquier cosa, desde los trilobites hasta los flamencos. La biosfera existe en un estado supracrítico de diversidad molecular. No obstante, las células individuales que componen la biosfera exhiben una diversidad molecular subcrítica. De otra manera, la explosión intracelular de diversidad molecular sería letal. Esta diferencia crea una tensión, que a su vez es una fuerza conductora de creación de novedad orgánica. Kauffman considera que la supracriticalidad molecular es la causa por la cual existe la digestión, a pesar de representar un mecanismo muy costoso energéticamente y complicado, debido a la gran cantidad de procesos, estructuras y órganos que intervienen. En sus palabras, la causa del por qué no le decimos a una hoja de lechuga, ¡qué seas mía!, y a continuación nos fusionamos con ella, radica

sencillamente en que la diversidad molecular disparada por esta fusión orgánica haría explotar nuestras células. La digestión mantiene a nuestras células en un estado molecular subcrítico. La ingestión de los alimentos y su posterior digestión refleja nuestra necesidad de protegernos de la diversidad molecular supracrítica de la biosfera.

28. No es posible ignorar el impacto de los virus en la coevolución de la biosfera. Por ejemplo, Zimmer (2000) resalta que el océano es un hervidero de virus. Estos se reproducen desmesuradamente dentro de bacterias y fitoplancton. Se calcula que más de la mitad de esos organismos son destruidos por los virus. Las bacterias y el fitoplancton constituyen nodos neurálgicos en el flujo de materia y energía de los océanos, pues representan componentes fundamentalísimos de las redes tróficas. De no ser por el desafiador exterminador viral, tal vez la vida en los océanos fuera más abundante, más “compactada” y los ritmos evolucionarios fueran muy diferentes a los observados. Por otro lado, Ryan (2002) llama la atención que los virus se encuentran embebidos en el propio genoma, y son constituyentes de la estructura de muchos genes, por lo que son capaces de intervenir de manera directa en los resultados de la evolución. En el criterio de Ryan, los virus podrían estar asociados al origen del núcleo en las células eucariotas, y posiblemente con el origen de los mamíferos euterios. Veamos. Para los efectos prácticos, un embrión o un feto son parásitos de las hembras de los mamíferos placentarios. Los fetos producen proteínas ajenas a la madre, como resultado de la actividad de los genes paternos. Pero las células trofoblásticas envían señales químicas que inhiben la acción del sistema inmune. Estos supresores moleculares son producidos por virus, que antes de activarse se encuentran latentes en los cromosomas del embrión. La placenta materna también procura aplacar la agresividad del sistema inmune. En este caso, las señales supresoras las envían retrovirus que se localizan dentro del cromosoma 7 en los humanos, así como en los cromosomas de todos los mamíferos placentarios estudiados con este fin. Ryan opina que los genes de estos virus son los responsables de la construcción del sincitium, el cual es un tejido plano de células fusionadas que actúan como barrera inmunológica entre la placenta y el resto del cuerpo materno. Si se suprimen estos retrovirus, se dispara una reacción inmune. La sugerencia irresistible es que la coevolución entre dichos virus y las hembras mamíferas devino simbiogénesis, y no parece descabellado suponer que tal simbiogénesis podría haber originado el linaje de los euterios y, eventualmente, condicionar la evolución de los seres humanos.

29. Salthe esboza que la estructura define el tipo. Los tokens exhiben las características diagnósticas del tipo, pero son heterogéneos entre sí en otras características. Los tokens son instancias heterogéneas y señales reales de los tipos en un mundo semiótico. A su vez, los tipos evolucionan porque deben ser instanciados por tokens y los tokens siempre llegan a ser únicos debido al proceso de individuación, del desarrollo. Por ejemplo, la diagnosis de una especie es siempre la descripción de un tipo de organismo, de una clase natural de individuo histórico. Cualquier espécimen individual adecuado a tal descripción es un token de tal tipo. Al mismo tiempo, ningún token de un tipo es idéntico a otro token del mismo tipo, porque su desarrollo es un particular en el espacio y el tiempo, afectados por contingencias irrepetibles en ese segmento del espacio y el

tiempo. A diferencias de las clases, los tipos son entidades naturales. Los tipos resultan “clasificados” por procesos naturales, como son el desarrollo y la selección y emergen como resultados de la evolución. Baum (1998) establece que una clase natural es una clase de individuo, cada uno de los cuales tiene sus partes individualizadas por el mismo tipo de conexión. Cada individuo es miembro de una clase natural. De Queiroz (2005), al igual que Goodwin, concibe a las especies como clases naturales. Por su parte, Ghiselin (2005) rechaza que las especies sean clases naturales de organismos, sino individuos a un nivel de integración superior. Si aceptamos la existencia de clases naturales de organismos, entonces podemos concebir que a través de la existencia de un individuo extendido en el tiempo, el linaje, debe haber una clase natural, de la cual el individuo de referencia es una extensión. En adición, los tipos desarrollan ciertas funciones en los sistemas naturales, no son abstracciones. Los tokens son sus señales, signos de tipos, pero nunca pueden ser revelados o definidos por completo sobre la base de esta función. No puede existir nunca un discurso de individuos absolutos, pues siempre habrán sido instanciados de un individuo más inclusivo, del cual son signos actuales. Por supuesto, estos términos exhiben una jerarquía que es relativa al contexto del discurso. Cuando hacemos referencia a un Cordado (Tipo), como una clase natural de organismo -con independencia de su asignación a una categoría taxonómica de un nivel de inclusividad dado, que a su vez puede cambiar según los criterios taxonómicos del momento-, entonces cualquier clase de cordado es un token del Tipo Chordata. De igual modo, cualquier especie es un tipo o clase natural de organismo, cuyos miembros son sus tokens o señales.

30. Croizat (1964) postuló la necesidad de tener en cuenta a la ortogénesis para comprender la evolución, en el sentido de concebir la existencia de fuerzas rectoras internas de los sistemas vivientes. La ortogénesis es la cualidad inherente de la materia viviente de evolucionar de manera autodirigida, sin intervenciones de fuerzas externas. Para Heads (2005a), el desarrollo ortogenético constituye un estreñimiento filogenético mediante procesos moleculares. El propio Darwin enunció principios similares, a los cuales les concedió gran importancia. Darwin hizo referencia a las consecuencias de “leyes complejas del crecimiento o desarrollo”, que conducían a la evolución por cauces propios e intrínsecos, con independencia de la selección natural. Es decir, que la modificación de algunos rasgos sería una consecuencia de estas leyes, no de la acción de la selección natural. Llorente et al. (2003) opinan que estas ideas de Darwin implicaban la intervención de procesos no ambientales en la evolución orgánica. De hecho, Croizat reconoció que las ideas de Darwin no diferían con sus concepciones ortogenéticas. En un resumen sobre estas concepciones, Grehan y Ainsworth (1985) apuntaron que las mismas fueron rechazadas por la síntesis del neodarwinismo. El antológico paleontólogo y co-constructor del neodarwinismo, George G. Simpson acotó: “la ortogénesis es un producto más bien de la tendencia de las mentes de los científicos de moverse en líneas rectas, en vez de una tendencia de la naturaleza de hacer tal cosa”. Sin embargo, Grehan y Ainsworth replican que el atar la ortogénesis a una concepción de línea recta tiene más que ver con ideas preconcebidas, y no con el reconocimiento de un concepto básico de direccionalidad interna de los sistemas vivientes. Por otra parte, añaden que el vocablo griego *orthos* no sólo significa 'recto' o 'directo', sino también 'propio', 'adecuado' y 'correcto'. Así, la ortogénesis es la fuerza creativa de la evolución y suministra el sustrato material para que la selección

natural cercene y afine. Estos autores expresan que la ortogénesis construye límites definidos a la manifestación de la variación y por su direccionalidad va 'más allá' de la selección natural. Es por eso que una alternativa de la ortogénesis es la extinción. Morrone (2004) comenta que la reticencia de aceptar este proceso radica en su asociación con las concepciones vitalistas y teleológicas del siglo XIX, y sugiere que una manera más apropiada de referirnos al mismo sería la de 'constreñimientos filogenéticos'. Grehan y Ainsworth enfatizan que la ortogénesis no es anti-darwinista, pero es incongruente con la síntesis del neodarwinismo. Para ellos, la ortogénesis es un cambio direccional, ni adaptativo, ni ambiente-condicionado. Nos parece obvio que todo el discurso de la ortogénesis implícita, desde un punto de vista metafórico, ya que no explícito, el desarrollo de un sistema dinámico complejo. Alude a la dinámica de un sistema autoorganizado, conducido por constreñimientos dimanados de atractores de forma, estructura y organización. Y, por supuesto, implica el reconocimiento del desarrollo y la evolución como una emergencia de la autoorganización espontánea, constreñida termodinámicamente, e inherente de los sistemas vivientes, con la selección natural como una fuerza emergente y moduladora de esta poderosa creatividad primaria.

31. Wilson (1995) define a un linaje como una secuencia de entidades a diferentes niveles de organización que se reproducen. De Queiroz (1999, 2005) expresa que un linaje representa una única línea de ancestría-descendencia directa. Los linajes tienen diferentes niveles de jerarquía. Es posible hacer referencia a linajes de genes u organelos. Podemos también hablar sobre linajes de células, organismos, poblaciones y especies. Incluso es posible hacer referencia al linaje de la vida toda. Por ejemplo, de Queiroz (2005) precisa que las especies forman linajes a nivel de población y los organismos son entidades que forman linajes a nivel de organismo. Por definición, los linajes son secuencias no ramificadas de ancestros y descendientes. Esta no-ramificación debe ser entendida como la extensión de una comunalidad genética estrecha, con límites discernibles, no quiere decir que los linajes no estén ramificados internamente. La población es un nivel de organización jerárquicamente superior nivel de organismo. Puede estar conformada por diversos linajes. La población tiene una connotación espacio-temporal actual. Es una sección actual de linajes. En una población no necesariamente interaccionan, en conductas ecológicas o sexuales, todos sus componentes; pero todas las interacciones posibles entre organismos de una misma especie ocurren embebidas en una población. De hecho, las poblaciones trascienden por la producción de nuevos organismos que generalmente pertenecen a linajes diferentes. Un linaje es una población extendida a través del tiempo, mientras que una población es una sección cruzada más o menos instantánea en el tiempo de uno o varios linajes. Esta conceptualización no establece distinciones entre especies típicamente de reproducción sexual o asexual; por ello tiene un elevado valor heurístico. Por otra parte, es conocido que organismos no diferenciados sexualmente intercambian genes con frecuencia, como ocurre en las bacterias y protoctistas. El linaje tiene una connotación básicamente genealógica, temporal, y la población es una entidad básicamente espacial. De este modo, la población exhibe propiedades emergentes asociadas al espacio, como distribución, talla de la población, densidad de componentes y composición proporcional con relación a diferentes propiedades.

32. O'Hara (1993) estima que el problema de la especie no necesita ser resuelto, sino sobreesédo. El problema de la especie no es ni de definición ni de conceptualización, pues existe toda una plétora de conceptos y definiciones, cada una de ellas valida en sí misma. En el criterio de O'Hara, el problema de la especie es de representación histórica, el cual compara con el de representación cartográfica. En este último caso, los detalles de la representación (que nunca es el territorio real) dependen de la escala del mapa. Y la escala es un problema de decisión del cartógrafo, sobre la base de necesidad, oportunismo u otra consideración cualquiera. Sin embargo, en el caso de las especies, los criterios son de importancia histórica. Cuando se describe un taxón superior, los eventos descritos son remotos temporalmente. Entonces, se utiliza una narrativa retrospectiva. Sin embargo, poblaciones y especies se asumen que se encuentran embebidos en el cambio; por lo tanto, se debe utilizar una descripción prospectiva, que apunte hacia el futuro. Es por ello que las definiciones son necesariamente indeterminadas. O'Hara anota que la pretensión de crear una representación única y perfecta de una crónica evolucionaria no es más realista que la idea de poder crear un mapa único y perfecto de la Tierra. Los mapas son tan sólo representaciones del territorio, no son el territorio. En sentido general, los conceptos de especies más extendidos tienen que ver con destinos evolucionarios, temporalidad o permanencia. De una forma o de otra, la certidumbre de las aplicaciones de estos criterios depende del comportamiento desconocido del sistema en el futuro, de ahí que ninguna definición en particular sea suficiente y completa en sí misma en términos absolutos. Aquí también entrevemos la sombra del Toremá de Gödel. Es posible también otra perspectiva. Pudiéramos pensar que las especies no evolucionan en relación con las definiciones que las caracterizan, debido a sus propiedades de clase. Inclusive, es factible pensar que las especies no son, como un todo, unidades de evolución, sino sistemas genealógicos clausurados. Por otro lado, Fontenla (2001b) hace notar que las especies, como son un resultado, no un proceso, constituyen una unidad histórica, por los que sus enunciados definitorios no tienen que ser prospectivos, sino necesariamente retrospectivos. La indeterminación surge entonces por las propiedades reticuladas y heterárquicas de las especies. Las distintas definiciones y las diferentes maneras de conceptualizarlas son una consecuencia epistemológica de semejante ontología compleja. Por otro lado, las especies son entidades duales (no confundir con dualismos cartesianos), porque resultan de la emergencia filogenética de individuos que sólo se reproducen tokogenéticamente. Las especies significan una emergencia evolucionaria a partir de un desarrollo ontológico. Sharov (1997) precisó que esta dualidad dialéctica es una propiedad esencial de la vida que hace posible la evolución. Por su parte, Moreno (1997) acepta que las especies son unidades de incertidumbre e indeterminismo. Así, nuestra percepción sobre estos sistemas de organismos es indeterminada por necesidad.

33. Las clases constituyen representaciones mentales para incluir objetos, entidades o fenómenos. No tienen existencia real. Existen porque se conciben, no se descubren. Las clases tienen miembros, cuya inclusión en la misma sólo depende de presencia compartida de los atributos que la definen, es decir, propiedades necesarias y suficientes para la membresía. Los miembros de una clase no interactúan entre sí, no tienen conexión espacio-temporal. Las clases no suelen tener límites espacio-temporales. Sus componentes pueden existir en cualquier lugar del Universo. Un

átomo de oro pertenece a esa clase de elemento en cualquier sitio del espacio donde se encuentre, y en cualquier sitio y tiempo en el universo va a exhibir las mismas propiedades y estructura. Para la representación mental de un objeto llamado silla, es irrelevante que una silla en particular haya sido construida por un ser humano u otro ser inteligente en cualquier otro rincón del universo. Las especies exhiben propiedades de clases. La estabilidad fenotípica de las especies permite distinguir a un individuo en particular como miembro de una especie particular y a las especies entre sí. Por otra parte, los taxones, como son individuos históricos, no son clases universales. Por ejemplo, el taxón Mammalia representa una clase de organismos que sólo existe sobre el planeta Tierra, pero la clase de organismo Mamífero pudiera ser más universal. Si en otros mundos existieran organismos que compartieran los atributos por los cuales se distinguen los mamíferos en la Tierra, aquellos también serían mamíferos. No obstante, no serían miembros del taxon Mammalia, porque tendrían un antecesor diferente. También se podría concebir a la humanidad como una clase universal de criaturas inteligentes, pero sólo puede existir un único taxon llamado Homo sapiens. Los taxones representan clases limitadas espacio-temporalmente, porque son fenómenos históricos particulares y, como todo evento histórico, únicos e irrepetibles. La principal analogía de la especie-como-individuo estriba en su aparente similitud ontológica con el ciclo vital del individuo paradigmático, el organismo: nacimiento-desarrollo ontológico-muerte. Ello se extrapola a: origen-existencia (puede ocurrir evolución anagenética)-extinción. Las diferencias, no obstante, son obvias. Al individuo lo distingue la cohesión funcional entre sus partes, lo que le otorga continuidad física, y el cambio constante que se expresa, durante su período de vida, en diferentes fases físicas o estados de fases ontológicos. La extirpación de un órgano (parte) esencial a un individuo conlleva su muerte. Por su lado, la especie no suele distribuirse de manera continua en el espacio y, además, no tiene “partes vitales”. Es posible extirpar de cada especie un número importante de individuos sin afectar su existencia y, al igual que en las clases, mientras exista un solo miembro, se puede reconocer la clase. La especie exhibe propiedades tanto de clase como de individuo, pero la discusión de éste símil únicamente atrapa parte de su realidad. Nuestra apreciación es que este largo debate ha contribuido muy pobremente al entendimiento de qué es una especie.

34. Bassler (2001) ve, en las interacciones entre bacterias, un lenguaje. Aduce que el éxito de las bacterias depende en gran medida de su capacidad de “conversar” entre ellas mediante señales químicas. Las bacterias desarrollan un proceso llamado “sentido del quórum”, que se moviliza cuando se agregan en gran número. Este sentido activa moléculas llamadas autoinductores, los que a su vez activan diferentes genes productores de proteínas útiles para diversas funciones. Estas proteínas liberadas crean un feedback positivo en el retículo de bacterias, las cuales se autoorganizan y establecen una cooperación de intercambios de sustancias útiles para su metabolismo y protección contra agentes agresivos del ambiente. Hasta muy recientemente, reconoce Bassler, se pensaba que este sofisticado intercambio de comunicación y cooperación sólo era posible en los organismos “superiores”. Las bacterias también son capaces de segregar polímeros, que estructuran películas protectoras del agregado, o segregar sustancias para burlar las defensas de sus hospederos, en el caso de las bacterias que viven en el interior de otros organismos. Estos agregados, o verdaderas comunidades, pueden estar

integrados por diferentes “especies”. Dentro de las películas protectoras se construyen retículos de canales por el que circulan nutrientes hacia todas las bacterias, y por la misma vía se eliminan desechos metabólicos. Bassler opina que estas bacterias estarían utilizando un verdadero lenguaje interespecífico, a manera de un “esperanto” bacterial. Podemos comprobar así los mecanismos de la evolución en acción, manifestados en una verdadera “lucha por la existencia”, pero de simbiosis y cooperación, no de agresión ni competición. Tanto Bassler como Margulis y Sagan, y Ryan, expresan que éste ha sido el camino hacia la multicelularidad y hacia los eventos de especiación.

35. Queremos transmitir una jugosa escena protagonizada por Lynn Margulis, un resumen de la cual transcribimos de Ryan (2002). En 1991, Margulis ofreció una conferencia en la Asociación Americana por el Avance de la Ciencia. El público lo componían, desde estudiantes, hasta conocidos profesionales de la biología. Margulis disertaba acerca de la diversidad de la vida microbiana, y se tornó beligerante cuando llegó al tópico del origen evolucionario de la vida eucariota a partir de precursores bacterianos. “El Neodarwinismo está errado. No veo ningún tipo de evidencia capaz de explicar que estos cambios ocurran a través de la acumulación gradual de mutaciones”. Por supuesto, muchos en su audiencia eran neodarwinistas. Exasperada por el silencioso escepticismo que siguió a sus palabras, profirió un reto: “¿Se molestaría alguien en mencionar un único ejemplo no ambiguo de una especie, de la cuál se haya demostrado su evolución por la adición de mutaciones al azar?” Un científico se incorporó y mencionó una especie de maíz, para en el instante ser contradicho por otro. “¿Dónde, entonces -preguntó Lynn- casi una centuria y media después que Darwin postulara su teoría, estaba la abrumadora evidencia que el cambio gradual impulsado por la acumulación de mutaciones al azar es el responsable del origen de las especies? ¡Vean por ustedes mismos!” incitó, mientras proyectaba una diapositiva con microorganismos de la “marea roja”. Visibles en el citoplasma de cada cuerpo traslúcido había inclusiones diminutas, los remanentes vestigiales de un pequeño microorganismo llamado criptomona. “Mucho tiempo atrás explicó Margulis- uno de estos muchachos engulló, pero no digirió, al otro. Ahora cada uno de ellos requiere del otro para reproducirse”. “Puedo darles una docena de estos ejemplos, y ustedes me ofrecen un tipo de maíz...un quizás. Ustedes me dicen un quizás. Yo les ofrezco la evidencia. Entonces, ¿por qué ustedes piensan estar en lo cierto y qué yo estoy equivocada?”.

36. Williamson (1992, 2001) ha reiterado que los genomas determinantes de muchas formas larvianas son diferentes de los genomas de los adultos. También afirma que los mayores cambios evolucionarios de los invertebrados (la abrumadora mayoría de los animales) emanan de la herencia de los genomas adquiridos por simbiogénesis. Basado en algunas observaciones de cruzamientos espontáneos exitosos entre especies de phyla diferentes y en muchas evidencias sugerentes, Williamson concluye que las larvas de una clase que se desarrollan en un tipo distinto de adulto, constituyen evidencias de genomas una vez independientes, pero integrados actualmente. Margulis y Sagan declaran que el origen de formas inmaduras en insectos, estrellas de mar y otros muchos invertebrados marinos nos comunican acerca de simbiosis arcanas y extrañas. Crinoideos y estrellas frágiles desarrollan el mismo tipo de larva, pluteus. Sin embargo, otras especies relacionadas de ambos tipos de equinodermos exhiben

larvas bipinnaria. Otras estrellas de mar no presentan estados larvales. De igual modo, hidroides muy relacionados desarrollan medusas muy diferentes o viceversa. Williamson calcula que estos eventos simbiogenéticos podrían haber ocurrido alrededor de 30-50 veces en 540 ma, desde el Cámbrico, es decir, con una frecuencia de al menos una cada 10 millones de años. En el ámbito terrestre, Williamson está convencido que muchos de los insectos con estadios larvales, como mariposas e himenópteros, adquirieron genomas interespecíficos. Este científico reflexiona que es muy difícil explicar por mutaciones al azar fenómenos como la presencia de cuatro fases larvares en pequeños camarones planctónicos sergéstidos, lo cual ocurre en un ambiente muy homogéneo, donde no es de esperar presiones selectivas que estimulen diferentes fases en el desarrollo. En conclusión, la existencia de animales muy disímiles que exhiben larvas semejantes sugiere la adquisición, integración y herencia de genomas previamente independientes. En el criterio de Williamson, procesos simbiogenéticos con rotíferos probablemente originaron las larvas trocóforas de anélidos y moluscos, mientras simbiogénesis con onícoforos, mucho más abundantes durante el mesozoico, explicarían las similitudes entre las larvas de lepidópteros, algunos neurópteros, y de la mayoría de los himenópteros. Todo lo anterior implica que el desarrollo directo del huevo al adulto es más primitivo que el desarrollo a través de estadios larvales. Margulis y Sagan sospechan que las asociaciones de bacterias y protoctistas con insectos devoradores de madera o fitófagos, y además con rumiantes, peces abisales, micorrizas y tejidos reproductivos de coleópteros, hayan propiciado el origen de nuevas especies en estos grupos. De hecho, afirman que tales simbiosis sean las causas del origen de estos grupos. Para Ryan, grupos tan superabundantes y especiosos como los foraminíferos, deben ser un resultado de sus simbiosis con bacterias. De igual modo, parece racional aceptar que las flores y frutos constituyan órganos desarrollados a partir de integración de genomas, probablemente entre hongos e insectos inductores de la formación de agallas, junto con la integración del genoma de las propias plantas.

37. Se ha pensado que la vida se originó sobre nuestro planeta hace al menos 3 900 ma. Sin embargo, esta luenga trayectoria se encuentra en estado de serio cuestionamiento (Moorbath, 2005). La suspicacia se basa tanto en posibles errores de fechado de las rocas conteniendo supuestamente compuestos orgánicos como por una identificación espuria acerca de los orígenes de dichos compuestos. Por otra parte, es dudosa la disponibilidad en aquellos de ambientes favorables para la síntesis y el desarrollo de lo vivo en un planeta martirizado constantemente por bombardeos meteóricos, colosales expulsiones de magma y otras contingencias. Según Moorbath, la fecha más convincente e incontrovertible de las primeras manifestaciones de organismos sobre la Tierra deben contemplar no más allá de 1900 ma. De cualquier manera, la evolución se mantuvo en éstasis bacterial hasta el surgimiento de las células eucariotas. Algas multicelulares comienzan a aparecer desde 1 500 ma. Las formas multicelulares diploblásticas, las extrañas frondas de Ediacara, así como probablemente esponjas y medusas tienen no menos de 600 ma. Los más sofisticados animales triploblásticos ostentan una antigüedad mínima de 570 ma. La “explosión” del Cámbrico comienza 543 ma atrás y duró entre 5-10 ma, posiblemente menos (Gould, 2002). Gould (1999) resume que hubo tres mil millones de años de unicelularidad (habría ahora tal vez que reajustar

estas cifras) seguido de unos pocos millones de intensa creatividad y 500 ma más sobre variaciones de los mismos temas. Gould ha insistido en calificar éste episodio como el más extraordinario e intrigante de la vida. Durante este período aparecen, diferenciados morfológicamente, la inmensa mayoría de los Tipos estructurales básicos de los animales. Es muy probable que la divergencia genealógica comenzara desde el Precámbrico, pero excepto un embrión, no se ha encontrado ningún adulto. Se le adjudica este vacío al diminuto tamaño probable y a la ausencia de partes duras factibles de fosilización. Probablemente, una conjunción de factores, como el incremento en los niveles de calcio y oxígeno en los océanos, la evolución de genes reguladores del desarrollo embrionario y la coevolución por simbiogénesis, contribuyó a esta fantástica fiesta de la vida, donde los organismos fueron capaces de incrementar su talla y excretar excesos de calcio para convertirlos en exoesqueletos. El aumento de tamaño corporal tuvo su paroxismo con el grotesco e increíble depredador de 6 pies de longitud, *Anomalocaris*. Se ha dicho que las oportunidades ecológicas por nichos vacíos también contribuyeron. Sin embargo, los “nichos”, la ecología, son co-construidos por la propia coevolución conjunta de la vida. De igual modo, se piensa que los genomas cambrianos eran más flexibles que los actuales. Leakey y Lewin (1998), al igual que Shiermeier (2003), opinan que tal creatividad se debió básicamente al incremento del calcio y el oxígeno. Lacalli (2003) considera que el frenesí creativo no se debió tanto a mayor plasticidad o creación de nuevos genes, como por su utilización en vías más complejas. Los patrones de expresión de los *hox* genes son prácticamente idénticos en vertebrados y hemicordados, y muy similares con el de los insectos. Un simple cambio en estos genes pudo haber tornado un plan corporal o inducir, por ejemplo, la modificación de patas en apéndices ramificados, pinzas etc. (Pennise y Roush, 1997). De acuerdo con Gould, tan grande disparidad morfológica debió contener más tipos estructurales que los actuales, los cuales se extinguieron prontamente. La hipótesis predominante es que todas las formas cambrianas son asignables a los tipos existentes. Entonces todos estos Tipos representan un poderoso atractor epigenético. La explosión del Cámbrico fue un fenómeno a escala planetaria. Pues se conocen depósitos de Norteamérica, China, Liberia y África. Margulis y Schwartz (1998) reconocen 96 tipos estructurales básicos o Phyla, agrupados en cinco Reinos: Bacterias (14 tipos). Protoctistas (30), Animalia (37), Fungi (3) y Plantae (12). Excepto las bacterias, los autores plantean que todos los tipos restantes se originaron por simbiogénesis. Es interesante señalar como los organismos unicelulares exhiben, en conjunto, mucha más diversidad de tipos que cualquiera de los grupos más “complejos”. Sin embargo, hay una gran disparidad en la representación de tipos sobre la tierra firme. Todos los Tipos se encuentran en medio acuático, y sólo unos pocos en la tierra. Por el contrario, la diversidad de las especies sobre la tierra firme es mucho mayor, en una relación de al menos 85:15 (Leakey y Lewin, 1998). La explicación más aceptada es que el medio terrestre, con su exposición directa a factores de intemperismo y cambios más bruscos, no amortiguados por el formidable escudo de las aguas, genera una mayor heterogeneidad, y de ahí, mayores presiones selectivas y oportunidades para los eventos coevolucionarios y de aislamiento.

38. Hut, Goodwin y Kauffman (2000) admiten las dificultades en comprender la dimensión del sentido como consustancial con la forma biológica, el espacio y el tiempo, de hecho, como una tercera dimensión de la realidad. Para llamar la atención

sobre el t3pico, inventan un ingenioso di3logo, primero entre un ge3metra, habitante de un mundo tridimensional, pero que no conoce el tiempo, y un f3sico terrestre. Como el ge3metra no tiene noci3n del tiempo, el existir para 3l es una vivencia de formas que no cambian ni se descomponen. Despu3s recrean un di3logo semejante, entre ese mismo f3sico y un bi3logo, tambi3n de la tierra, por supuesto, pero que intenta convencer al f3sico de que existe otro mundo, el del sentido, que no es paralelo, sino cong3nito, con el resto de las dimensiones. Nos result3 imposible no transcribir el susodicho di3logo.

Desde el d3nde hasta el cu3ndo: ge3metra y f3sico.

G: "¿As3 que est3s diciendo qu3 existe algo muy importante, algo llamado tiempo, pero el cual es invisible y, en general, no medible como tal?"

F: "S3 y no; el tiempo como tal no puede ser medido, lo que s3 es posible medir es el progreso del tiempo, reflejado en todo tipo de movimiento a nuestro alrededor".

G: "¿Quieres decir, entonces, que el tiempo es alguna suerte de campo, que es especialmente poderoso y est3 concentrado alrededor de objetos que se mueven r3pidamente?"

F: "No, el tiempo est3 por doquier, e igualmente presente, tanto en cuerpos est3ticos como en cuerpos en movimiento".

G: "¿Quieres decir, entonces, qu3 el tiempo es c3mo el espacio? ¿Es igual al espacio, o es alg3n tipo de 3ter sutil, algo qu3 se encuentra llenando el espacio igualmente por doquier?"

F: "Ni una cosa ni la otra. Est3s buscando justamente en la direcci3n err3nea. Hmm, c3mo poder explicar esto. En cierto modo, el espacio y el tiempo son de tal manera conceptos b3sicos, que pr3cticamente puedes percibirlos en el sentido f3sico. Si mueves tus manos, las est3s moviendo a trav3s del espacio, pero tambi3n a trav3s del tiempo. Cada vez que respiras, tu pecho se mueve r3tmicamente a trav3s del espacio y el tiempo; es exactamente el balance entre los movimientos espaciales y temporales lo que define la presencia del ritmo".

G: "Ahora s3 est3s realmente embrollando las cosas. ¿Me est3s pidiendo, seriamente, creer en la existencia de algo adicional al movimiento capaz de ser analizado en una serie de saltos instant3neos? Renuncio. En este preciso instante, esto se ha convertido en algo demasiado rid3culo".

Desde el d3nde y el cu3ndo hasta el c3mo: f3sico y bi3logo. Ambos viven en el mismo mundo, pero no lo comprenden de igual manera.

F: "¿As3 que est3s diciendo qu3 existe algo muy importante, algo llamado sentido, pero el cual es invisible, y, en general, no medible como tal?"

B: "S3 y no; el sentido como tal no puede ser medido, lo que s3 es posible medir son los muchos tipos de conducta relacional, reflejada en los procesos biol3gicos, ya sea en cualquiera en particular o en el universo procesal completo de la vida a nuestro alrededor".

F: "¿Quieres decir, entonces, qu3 el sentido es alguna suerte de campo, qu3 es especialmente poderoso y est3 concentrado alrededor de los objetos vivientes? ¿Es alguna clase de esp3ritu vital?"

B: "No, el sentido est3 por doquier e, igualmente presente, tanto en cuerpos inanimados como en cuerpos animados, y se encuentra realmente implicado por la existencia de masa-energ3a en el espacio".

F: "¿Quieres decir, entonces, qu3 el sentido es c3mo el espacio? ¿Es igual al espacio, se

materializa en él quizás al nivel de fluctuaciones al vacío o algo por el estilo?”

B: “Ni una cosa ni la otra. Estás buscando justamente en la dirección errónea. Hmm, cómo poder explicar esto. En cierto modo, el espacio, el tiempo y el sentido son de tal manera conceptos básicos, que prácticamente puedes percibirlos en el sentido físico. Si mueves tus manos, las estás moviendo a través del espacio, pero a la vez, requiere tiempo el mover tus manos, por lo tanto, las estás moviendo también a través del tiempo. Mientras vas haciendo todo eso, te encuentras de alguna manera 'haciendo sentido' dentro del espacio y el tiempo. En cada momento, te encuentras haciendo sentido de tu mundo de un modo diferente, de hecho, es posible decir que te mueves en una dimensión de sentido. Cuando hablamos de explorar la 'profundidad del significado', usamos justamente una de las muchas metáforas que apuntan al significado o sentido como poseedores de interpretación geométrica. Similarmente, cada inhalación es un acto, algo que hace sentido para ti como organismo, seas o no consciente de ello. Y el modo más relajado de respirar, por cierto, ocurre cuando el espacio, el tiempo y el sentido están todos en perfecto balance, expresando y revelando las relaciones adecuadas que definen la racionalidad inherente o corporeizada del 'saber-cómo' de la acción. Verdaderamente, esa forma de respirar es la más eficiente”.

F: “Ahora sí estás realmente embrollando las cosas. ¿Me estás pidiendo, seriamente, creer en la existencia de algo adicional a la vida que puede ser analizado en procesos físicos ocurriendo en el espacio y el tiempo? ¿Qué más puede posiblemente existir sobre y más allá de la dinámica de la materia y la energía? Renuncio. En este preciso instante, esto se ha convertido en algo demasiado ridículo”.

39. El principio de la parsimonia también se conoce como “Navaja de Ockham”, filósofo del siglo XIV. Ockham enunció: “entia non sunt multiplicanda praeter necessitate”. Ello significa que, en igualdad de condiciones, debe preferirse la explicación más simple, es decir, la explicación que satisface con menor número de asunciones al efecto el, o los, fenómenos observados. La “primera regla para razonar en filosofía” de Newton, exhibe un atractor también parsimonioso: “No debemos admitir más causas de cosas naturales que las que son verdaderas y suficientes para explicar sus apariencias”. La parsimonia es un criterio universal para seleccionar entre hipótesis científicas en competición. El problema radica en que, en un mundo real y complejo de fenómenos locales con historias propias, dinámico, contextual y multicausal, nunca existen condiciones iguales y además, por lo general, las apariencias pueden ser susceptibles de tener explicaciones múltiples, todas ellas posibles, todas ellas congruentes y casi con seguridad más de una cierta. La parsimonia cladística funge como una medida de simplicidad para seleccionar entre generalizaciones alternativas. Es la evaluación de la evidencia cladística de los datos, soslayando si el proceso de distinguir entre árboles es inductivo o deductivo. La parsimonia minimiza el número de asunciones cuando trata de explicar una coherencia desconocida, pero aparentemente existente entre fenómenos observados (Faith y Cranston, 1992). Pueden existir explicaciones igualmente parsimoniosas; es por ello que muchas veces se obtienen numerosos cladogramas que explican de igual manera a los datos. Tanto en sistemática como en biogeografía, el problema mínimo es el de las relaciones de parentesco entre tres entidades. Geométricamente, las relaciones entre estas tres entidades se pueden simbolizar por un triángulo. Espinosa y Llorente (1992) resumen que el algoritmo o parsimonia de Wagner opera mediante el uso de la distancia de

Manhattan, (M), la cual representa geoméricamente el recorrido por los catetos; la distancia euclidiana (E), el recorrido por la hipotenusa y la distancia euclidiana al cuadrado (E^2), representa la superficie del cuadrado construido sobre la hipotenusa. En cada cambio, M varía respecto al tamaño neto de los catetos; las otras distancias distorsionan u ocultan los cambios. M ofrece las diferencias absolutas en cuanto la relación entre un par de entidades. La distancia euclidiana y la euclidiana al cuadrado, sólo brindan el promedio de los cambios. En conclusión, la distancia de Manhattan manifiesta una medida más absoluta de cuánto se relaciona una especie (o un área) con otra, de acuerdo con el número de los cambios evolutivos netos. Según Marquez (2005), la parsimonia cladística debe ser vista como una manera de minimizar teorías (interpretaciones) correctas y erróneas en una topología dada. Y la mejor topología sería aquella con el número mínimo de constreñimientos correctos y erróneos permitidos por el procedimiento de codificación de los datos. Por su lado, Kluge (2001b) nos dice que, si el principio en filogenia es descendencia con modificación, entonces la hipótesis más robusta es la que minimiza las explicaciones innecesarias. No obstante, Faith y Trueman (2001) advierten que la robustez de las hipótesis no está implícita en su carácter o no parsimonioso, sino en su nivel de corroboración. La corroboración no puede ser parsimonia cladística y el conocimiento de fondo no puede estar limitado a descendencia con modificación. De ser así, ocurriría una paradoja. Si la evolución es descendencia con modificación, entonces mientras más modificaciones, más corroborada quedaría la hipótesis, al ser de este modo más congruente con el conocimiento de fondo básico. Pero entonces la hipótesis más corroborada sería entonces la menos parsimoniosa. La “corroboración” cladística, precisan Faith y Trueman, sólo refleja la bondad de ajuste de los datos, no la severidad de ninguna prueba. Lo que transmiten estos autores, en resumen, consiste en la necesidad de tener en cuenta la relación entre la filogenia y el contexto particular de un conjunto de evidencias, como pudieran ser la distribución geográfica de los taxones involucrados y la evolución de estas áreas de distribución. La congruencia o ajuste de los datos y observaciones con una relación general como la parsimonia, nos indica justamente eso, congruencia máxima o máximo ajuste de los datos, en concordancia con un principio al efecto, pero no corroboración o robustez de las hipótesis. La hipótesis más parsimoniosa, o un conjunto de hipótesis igualmente parsimoniosas, son factibles de ser vistas como puntos de partida para evaluar posibles hipótesis alternativas, de acuerdo con el contexto particular espacio/temporal de nuestras observaciones.

40. Morrone (2005) pronuncia su desacuerdo acerca de la división entre biogeografía cladística y la biogeografía filogenética, pues se introducen una serie de confusiones. De hecho, Ebach y Morrone (2005) la consideran irrelevante, una mera división mecánica de la biogeografía cladista. La biogeografía filogenética se refiere originalmente a una práctica específica, establecida por Hennig (1966) y sobre todo por Brundin (1972, 1988). En síntesis, su fundamento era relacionar una posición derivada de taxones en un cladograma con una distribución igualmente derivada. Es decir, asumía dispersión a partir de un centro de origen, a través de una “regla de progresión corológica”. Con esta división, se queja con razón Morrone, algunos han restringido el alcance de la biogeografía cladística, al eliminar el BPA, mientras otros la han expandido, al incluir el PAE. Todo ello sin contar con la reutilización del término “biogeografía filogenética”,

pero bajo presupuestos bien diferentes al original. Otro problema relacionado es la tendencia a reducir la biogeografía histórica a la biogeografía cladística y de la dispersión, incluyendo la filogeografía. La primera es más inclusiva, pues abarca, además de la biogeografía cladística, el PAE, que agrupa áreas mediante parsimonia, pero sin establecer relaciones filogenéticas entre taxones, y la panbiogeografía, que no utiliza cladogramas de áreas, sino trazos generalizados para representar relaciones entre áreas. En sentido general, Morrone distingue las siguientes dicotomías: 1. Biogeografía histórica: (a) dispersalismo (b) biogeografía de la vicarianza. 2. Biogeografía de la vicarianza: (a) biogeografía cladística (b) panbiogeografía. 3. Biogeografía Cladística. En este caso, Morrone confiesa, con todo derecho, su confusión en establecer alguna dicotomía coherente. En el texto hemos analizados las implicaciones de la dicotomía a priori-a posteriori, a su vez relacionada con la división entre historia de taxones o de áreas; pero otros distinguen entre análisis basados en patrones o en eventos. Morrone distingue tres enfoques básicos dentro de la biogeografía histórica, cada uno de ellos con una serie de técnicas o métodos propios. Los enfoques o acercamientos conceptuales serían: 1. Dispersalismo. 2. Biogeografía de la vicarianza. Aquí se incluyen el PAE y la panbiogeografía. 3. Biogeografía cladística.

41. La sugerencia de Morrone es sabia. Un “centro de masa” puede significar cualquier cosa y ninguna de ellas relacionadas con un orden secuencial de disyunciones. Un centro de masa es sencillamente un área donde un taxón ha desarrollado un proceso de especiación más intenso respecto al de otras áreas donde se encuentra dicho taxón. Por ejemplo, las islas Hawai son el centro de masa de las moscas *Drosophila* en todo el planeta, y es el centro de masa de Ortoptera en relación con toda América del Norte. Cuba es el centro de masa de hormigas del género *Temnothorax* en relación con todo el continente suramericano y de igual modo lo es respecto a las palmas Copernicia, con unas 20 especies, mientras que en toda América del Sur sólo se conocen 4 especies. Pensar en disyunciones pudiera ser incongruente, pues estos “centros de masa” pueden ser consecuencia de diversificación a partir de un antecesor común después de arribar a esas áreas, ya sea por dispersión en el caso de las islas del Pacífico o a través de filtros terrestres para la situación de las palmas en Cuba. En este ejemplo, una configuración paleogeográfica tipo GAARlandia (Iturralde-Vinent y MacPhee, 1999), es decir, una conexión o semiconexión entre el este de las Antillas y el norte de América del Sur, se adecua al patrón observado. Aun pensando en disyunciones secuenciales. ¿Cuál relación podría existir entre una secuencia vicariante y el número de especies en cada área que se fragmenta? Nosotros no le vemos ninguna, ni siquiera considerando a la especiación por aislamiento geográfico como el único contexto posible de especiación. La mayor o menor diversificación de un taxón en un área debe verse como una relación interactiva compleja entre factores intrínsecos (genéticos) y ambientales. En este último caso es necesario contemplar los factores físicos (dinámica geográfica y climática) e interacciones ecológicas, incluyendo posibles procesos de simbiogénesis. Si se es consecuente con la teoría de grafos, entonces la orientación implica movimiento en el sentido de las flechas. En la panbiogeografía ello pudiera ser equivalente a una secuencia de fragmentación direccional, pero también a dispersión secuencial hacia áreas disjuntas a partir de un área ancestral. Es decir, del tipo “regla de progresión”,

rechazada por los panbiogeógrafos. Sin embargo, este tipo de relación entre filogenia y espacio se acepta, por ejemplo, que ha ocurrido en algunos grupos en las islas Hawái (Wagner y Funk, 1995 y las Canarias Lanteri y Confalioni, 2003). Aún en estos casos, tampoco tiene sentido orientar a partir de un centro de masa o de línea de base, pues el “centro de masa” puede manifestarse en un área más reciente, lo cual daría una relación inversa a la postulada por esta concepción. Si bien en la dispersión pueden intervenir eventos de azar, existen conjuntos de factores que incrementan la posibilidad del movimiento en un sentido más que en otro, y ello tampoco tiene que estar relacionado con posibles líneas de base o centros de masa, sino con componentes físicos, gradientes climáticos, dirección prevaleciente de corrientes fluviales y marinas, viento y otras.

42. Grehan (2001c), al igual que Croizat, invoca vicarianza como proceso responsable en el poblamiento de las Galápagos. Desde este punto de vista, expresa, “Al aceptar por principio una historia geológica, la biogeografía de la dispersión falla con el desafío de las Galápagos, porque es incapaz de proveer nuevas perspectivas de la historia evolutiva de las islas”. Como no existen evidencias de conexión terrestre, los biogeógrafos se han reducido a proponer mecanismos de dispersión y áreas de presunto origen. Las Galápagos comparten trazos con el Pacífico Este, el Caribe y la propia cuenca del Pacífico. Grehan asume que la convergencia de trazos indica un origen común biótico y geológico, lo cual implica vicarianza. Resumiendo hipótesis, Grehan reconoce la posibilidad de que al menos algunos elementos de la biota de las Galápagos deriven de la biota de arcos de islas del Pacífico o entre las Galápagos actuales y el continente americano. Pero ello no implica vicarianza, sino dispersión. Según Croizat, la línea de costa occidental de América incluyó previamente a las Galápagos y se extendió hasta Chile y Hawái. Y, en el criterio de Grehan, los trazos del océano Pacífico constituyen evidencias de conexiones geológicas con el este de Asia. Sin embargo, aún en el caso de haber existido, la conexión geológica no implica necesariamente vínculo geográfico (Iturralde-Vinent y MacPhee, 1999), pues podría tratarse de conexiones entre placas sumergidas o de terrenos con vulcanismo muy activo, y por ende irrelevante para la existencia de biota terrestre. Grehan critica el abandono de posiciones biogeográficas cuando resultan incongruentes con las hipótesis geológicas, pero la relación panbiogeográfica debe ser revisada cuando una hipótesis filogenética indica que el vecino espacial más próximo no es el pariente filogenético más cercano (Llorente et al., 2003). Por ejemplo, de acuerdo con la hipótesis ofrecida por Wiens y Hollingsworth (2000), el género de saurios más relacionado con las iguanas de las Galápagos (que son un grupo monofilético) no es *Iguana*, que prácticamente vive “frente” a las islas, sino *Ctenosauria*, distribuida por México y América Central, mientras *Iguana* es el género hermano de *Cyclura*, endémico de las Antillas Mayores. Por otra parte, el consenso general para comprender el poblamiento y evolución de las Hawái es dispersión (Reimer, 1994; Wagner y Funk, 1995; Hormiga et al., 2003; McDowall, 2003). Este archipiélago no parece haber estado jamás unido a tierra, aunque existió un vínculo a través de guirnalda de islas (el archipiélago Emperador) entre las Hawái y los extremos Norte de Eurasia y Norteamérica. Sin embargo, la mayor relación de su biota es con las islas de la cuenca del Pacífico (McDowall, 2003). La sucesión de islas evanescentes que caracteriza la historia de este archipiélago (al igual que el de las Galápagos) muestra un mosaico de procesos y eventos, que abarcan tanto dispersión como vicarianza entre islas

e, incluso, filogenia indicativa de “progresión” genealógica-espacial (Wagner y Funk, 1995; McDowall, 2003).

43. Heads rechaza lo que él llama “especie-centrismo”, el cual ilustra con las 7 grandes preguntas de la sistemática biológica propuestas por Cracraft (2002), relacionadas todas con las especies. ¿Qué es una especie?, ¿cuántas especies hay en un lugar?, ¿dónde están distribuidas las especies de la Tierra?, ¿cómo ha cambiado la distribución de las especies sobre el tiempo? También critica a Hubbell (2001), por su consideración de la biodiversidad como sinónimo de riqueza en especies y de su abundancia relativa y ecología. En palabras de Heads, la panbiogeografía no privilegia ninguna categoría. El pensamiento complejo tampoco privilegia niveles ontológicos, porque percibe la fenomenología del mundo articulada en una red de redes descentralizada y distribuida. Por otra parte, la complejidad reconoce el privilegio de lo local, lo contextual y la relatividad de las propias observaciones y las propias consideraciones. Pero, ante todo, es imprescindible el reconocimiento de una fenomenología en-actuando en diferentes niveles, los cuales resulta necesario distinguirlos. Es imprescindible distinguir e individualizar los fenómenos, y las especies son sistemas distintivos y distinguibles, de la fenomenología de la vida. No se puede privilegiar, o no-privilegiar, sin precisar dónde y cómo hacer o no distinciones. Heads, sólo reconoce “centros de formación de forma”, pero a partir de una amalgama amorfa de caracteres alienados de los organismos en los cuales distinguimos los caracteres. Heads invoca un mecanismo similar para la evolución de nuestra propia especie. La hipótesis “fuera de África” es dispersión y la multiregional es vicarianza. La primera hipótesis propone el surgimiento del *Homo sapiens* en África y su posterior salida hacia Eurasia. La hipótesis multiregional concibe que las poblaciones de *H. erectus* desperdigadas por Europa y Asia (que a su vez salieron de África) convergieron ortogenéticamente hacia *H. sapiens*. Existen numerosas evidencias genéticas, culturales y paleontológicas que avalan la primera hipótesis. De aceptar la visión panbiogeográfica ignorando las evidencias alternativas- incurriríamos en una paradoja. Habría que aceptar que el antecesor de *H. erectus* estuvo ampliamente distribuido por Eurasia y África. Pero, una vez más, las evidencias indican la salida de África de esta especie. Por otra parte, no existe ninguna evidencia que alguno de los homínidos más antiguos (como *H. ergaster*, *H. rudolfensis*, *H. habilis* y todas las especies de *Australopithecus*) viviera fuera de África. Así las cosas, Heads confiesa su preferencia por los chispazos creativos y atrevidos de Platón (para justificar la ortogénesis espacial y la vicarianza en contra de cualquier otra explicación posible), antes que la prosa enjundiosa y estéril de Aristóteles para demostrar esto o aquello. Nos parece injusto comparar certezas, ingenuidades o errores flagrantes (vistos en retrospectiva) entre estos dos gigantes del pensamiento. De cualquier manera, acotamos el conocido proverbio: *Amicus Plato, sed magis amica veritas* (amigo de Platón, pero más amigo de la verdad). Displícite de remilgos, Heads consigna: “La biogeografía contemporánea... es simplemente aburrida de leer porque los esclavos sin mente que la producen (!) ignoran el dictum de Horacio *sapere aude* (atrévete a ser sabio) y no son lo suficientemente osados para producir algo nuevo”. Por nuestra parte, proferimos nuestra empatía con el más modesto dictum de Virgilio: *felix qui potuit rerum cognoscere causas!* (¡feliz quien pueda conocer las causas de las cosas!). En resumen, llamamos a la cordura y la moderación en cuánto a las decisiones de acoger tal

o cual vía explicativa, por el simple hecho de parecer más atrevida.

44. De manera implícita, esta perspectiva del espacio biogeográfico es por completo congruente con nuestra visión del espacio biogeográfico como una fenomenología emergente. Halffter describe al espacio biogeográfico como un resultado de interacciones espacio/temporales, con una identidad marcadamente aleatoria. Precisamente, la cualidad de emergente se manifiesta por necesidad donde ocurren interacciones. Por otra parte, ubica al proceso de coevolución allí donde las interacciones son fijas e interactivas. Es decir, el espacio biogeográfico es emergente y básicamente aleatorio; la coevolución, que también tiene lugar en espacios biogeográficos, es básicamente determinista, son “fijas”. Dicho de otra manera, la coevolución representa eventos y procesos recursivos. En ambos casos, Halffter nos muestra una perspectiva compleja de estas fenomenologías espacio/temporales. Otro aspecto interesante es la relación entre fenómenos invariantes y variable. Lo invariante es la interacción que provoca emergencias reconocibles, no obstante varíen los componentes que interaccionan. De este modo obtenemos una paradoja natural: elementos “estables”, como los especies, que a la vez constituyen los componentes variables en los ensambles, mientras que fenómenos “impredecibles y aleatorios”, como las emergencias que se originan como resultado de las interacciones de organismos en los sistemas (ecosistemas o ecomplejos), producen una fenomenología metaestable, y repetible como las pluvilsilvas de marras. Esta paradoja la vemos “resuelta” si concebimos la acción de atractores ambientales, es decir de un sistema de constreñimientos de estructura, interacción y organización de la cual emergen sistemas de formas relativamente invariantes.

45. Resulta innegable que las crónicas por sí mismas no explicitan una historia; para ello se requiere de interpretación, de hilvanar un razonamiento acerca de cómo posiblemente se desarrolló un evento o proceso histórico. Los biólogos pueden contar con hipótesis de crónicas filogenéticas (cladogramas), las cuales suelen ser extrapoladas para generar cladogramas de áreas. Sin embargo, padecemos de una lamentable ausencia de crónicas espaciales para eventos en el pasado. Ello sería un elemento crucial para la generación de interpretaciones en la biogeografía histórica. Las interpretaciones del cómo posible de los eventos espaciales basadas en evidencias circunstanciales (cladogramas, hipótesis paleogeográficas, paleoclimáticas) conllevan un fuerte elemento subjetivo, pues a su vez la contextualización posible de los fenómenos biogeográficos requiere de interpretación. Repasemos algunos ejemplos donde las explicaciones ofrecidas son claramente interpretaciones basadas en contextos biogeográficos alternativos. La selección de uno de estos contextos, con su correspondiente explicación, depende exclusivamente de la interpretación que de las evidencias realiza el indagador.

Ratites. Vicarianza

Estas grandes aves constituyen un grupo clásico en cuanto a una hipótesis vicariante por fragmentación de Gondwana. El taxón comprende al ñandú de América del Sur, el avestruz de África, el emú de Australia y Tasmania, el casuario de Nueva Guinea, el kiwi de Nueva Zelanda y las extinguidas moas de Nueva Zelanda y aves elefantes de Madagascar. Existen fósiles Terciarios neotropicales, norteamericanos y europeos, lo

que demuestra la amplia distribución del grupo durante el Terciario temprano. Llorente et al (1996) exponen una explicación vicariante. En términos de áreas, se basan en un cladograma con las siguientes relaciones: (África + Madagascar) + ((Nueva Guinea + Australia-Tasmania) + (Nueva Zelanda + América del Sur)). A continuación, relatan: Nuestro grupo de aves tenía su antecesor en Gondwana, por lo tanto, podemos decir que es necesario que haya habido una especie hermana en Laurasia. El ancestro de ambos grupos estaba en Pangea... Al dividirse Pangea en Laurasia y Gondwana, la especie antecesora de los Ratitae especió, con lo cual apareció una especie en Laurasia y otra en Gondwana. El antecesor que ocupaba Gondwana también especió cuando ese supercontinente se dividió en Afroindia... Después, Madagascar se separó de África... y la especie que ocupaba todo ese continente se separó, originando (en nuestro caso semihipotético) el avestruz de África y el *Aepyornis* de Madagascar, que son (en nuestro ejemplo) especies terminales (el *Aepyornis* hoy está extinto)... India estaba unida a África en ese tiempo, por lo cual debemos esperar encontrar también en la India un representante fósil de ese grupo de aves. El resto de Gondwana era entonces ocupado (hace 80 millones de años) sólo por una especie, que se fragmentó posteriormente con la división de ese supercontinente, generando una especie en Australia (que según nuestra hipótesis sería el actual emú, y una especie hermana que ocupaba, hace 70 millones de años, el bloque constituido por Nueva Zelanda, Antártida occidental y Sudamérica). Con la partición de ese bloque en dos la especie se separó y surgió el casuario de Nueva Zelanda y su especie hermana, que debería estar en Antártida occidental y Sudamérica. Finalmente, esta especie dio origen al ñandú en Sudamérica y su especie hermana (desconocida) en Antártida occidental (si es que no estaba congelada por ese tiempo). Esa última especiación ocurrió hace 40 millones de años. Claro que todo esto es hipotético, pero necesario a la luz de la teoría de la vicarianza. Así, gracias al cladograma geológico podemos "completar" la historia de lo vivo" y, también, "predecir" la existencia de especies fósiles (con todos sus caracteres apomórficos) antecesoras en todas las uniones de bloques continentales pasados.

Ratites. Dispersión.

Briggs (2003) aduce que las edades calculadas molecularmente no son uniformes, pues fluctúan entre 45ma-90ma. Los eventos principales de la fragmentación de Gondwana ocurrieron entre 180-80 ma. Al final del Cretácico descendió el nivel del mar. En un período entre 60-40 ma, debieron existir islas entre América del Sur, Antártica y Australia. Esta guirnalda de islas es conocida como *pistas amfinóticas*. Las relaciones predeciblemente más estrechas serían entre América del Sur, Australia y Nueva Zelanda. Hace 50 ma, el sur de América del Sur, la Antártica y Australia tenían bosques tropicales. Briggs sugiere para Ratites sugiere un origen Terciario temprano en Sudamérica. Esta área ancestral estaría justificada por la presencia en el Paleoceno de Brasil de la ratite más antigua conocida y la distribución neotropical del grupo hermano, representado por los tinamúes. La especie ancestral debió haberse dispersado hacia Norteamérica y Europa. Desde Europa, pudo haberse extendido hacia África y Madagascar. De igual modo, debió haber ocurrido dispersión desde Sudamérica hacia Australasia vía Antártica. Esta ruta de migración está indicada por una ratite del Paleoceno de la Isla de Seymour, en la Antártica.

Peces dulceacuícolas.

Ningún pez *primariamente* dulceacuícola (que desarrolla todo su ciclo de vida en aguas dulces) vive en los archipiélagos "clásicos", como Galápagos, Hawaii y las Antillas;

tampoco en Madagascar. Tal patrón de distribución sugiere que los peces primariamente dulceacuícolas son incapaces de atravesar aguas oceánicas o de mares interiores. La presencia compartida de estos peces entre áreas sería una buena evidencia de vicarianza. Contrariamente, la presencia de peces *secundariamente* dulceacuícolas (evolucionados de ancestros presumiblemente de aguas saladas o salobres, o también de peces que desarrollan parte de su ciclo en aguas marinas) en dichos grupos insulares no tendría que ser explicada necesariamente por vicarianza. Briggs razona: Aplocheiloidei es un taxón de peces secundariamente dulceacuícolas compuesto por Rivulidae, del Neotrópico, salvo una excepción, y Aplocheilidae, de África, Madagascar, Indomalasia y las islas Seychelles. El panorama global de la distribución del grupo se ajusta a la clásica disyunción por la fragmentación de Gondwana. En África hay dos áreas de endemismo, posiblemente un resultado de la presencia de un mar interior, extensión del Tethys. Este patrón insinúa una historia vicariante dentro del continente. Todos los fósiles conocidos son del Terciario, no del Mesozoico, aunque las distancias moleculares los ubican en el Cretácico. Aplocheiloidei pertenece al más inclusivo taxón Cyprinodontiformes, cuya diversidad en géneros se comporta como sigue: Nuevo Mundo (28), África (11), Medio Oriente (4) y Sudeste Asiático (1). Briggs indica un origen para este taxón en el Nuevo Mundo durante el Cretácico temprano, momento en que América del Sur y África todavía se encontraban muy próximas. Es por ello que están ausentes de otras áreas gondwánicas, como el extremo Sur de África y Australia. El caso de los cíclidos es congruente, pero a la inversa. Son también peces secundariamente dulceacuícolas, pero su máxima diversidad es en África. Otros casos equivalentes con peces es el del grupo Galaxiidae, distribuidos por el Sur de América del Sur, Australia y Nueva Zelanda. Como es posible apreciar a partir de lo compilado por Heads (2005a), se privilegian, sobre la base de las mismas evidencias, tanto alternativas de dispersión como de vicarianza.

46. Como tantas otras cosas, la hermenéutica se engendró en la Grecia clásica. Era el arte de interpretar significados en los textos. En las interpretaciones hermenéuticas, el significado de un texto es construido a partir de las relaciones entre los pasajes individuales. A su vez, el significado de los pasajes individuales de la historia es derivado a partir del significado global del texto dentro del cual estos pasajes están embebidos. Estos bucles interpretativos retroactivos desde las partes al todo y de vuelta a las partes, reproducen el modo en que los sistemas dinámicos se autoorganizan a partir de las interrelaciones e interacciones entre las partes componentes, para luego formar un bucle constreñidor de las interacciones de esas mismas partes constitutivas. La semejanza en la dinámica de tales procesos interpretativos, autopoieticos y ecopoieticos—hace de la interpretación hermenéutica una forma lógica explicativa de adecuada e imprescindible para la comprensión de sistemas complejos, Beuchot (1997) diserta que la hermenéutica es la disciplina de la interpretación; es a la vez arte y ciencia, pero de significado polisémico, múltiple. No es posible alcanzar la objetividad plena en la interpretación, pero tampoco hay que renunciar a ella y abandonarse al subjetivismo. Beuchot discierne lo que él llama una interpretación limítrofe, la cual reúne en una línea de sentido lo subjetivo y lo objetivo y que, aún aceptando la intromisión de la subjetividad, nos deja la suficiente objetividad, porque centra la interpretación o la comprensión más allá de la univocidad y de la equivocidad. La hermenéutica se

encuentra entre la univocidad y la equívocidad. Ella nos hace abrir las posibilidades de la verdad, dentro de ciertos límites; nos da la capacidad de tener más de una interpretación válida, pero no permite cualquiera, y aun las que se integran se dan jerarquizadas según grados de aproximación a la verdad textual. De este modo, permite diversificar y jerarquizar. La hermenéutica representa un contextualismo relativo, no absoluto, y por ello nos ofrece la posibilidad de abrir nuestro espectro cognoscitivo sin perdernos en un infinito de interpretaciones que haga imposible la comprensión y caótica la investigación. Beuchot también propone la hermenéutica como filosofía dialógica, como el análisis contextual entre el sujeto y el objeto. La hermenéutica conduce a conocer el objeto del saber y comprender al sujeto que conoce; y a reconocer lo explícito de las condiciones desde las cuales se construye una explicación. Por su parte, Ciurana (2001b) expone que la hermenéutica es un método común a todas las disciplinas que tienen que interpretar un lenguaje cualquiera (de ahí proviene su afinidad con la retórica), o que luchan con las dificultades de la interpretación de lo que parece extraño (de ahí su vinculación con la dialéctica). En el criterio de Ciurana, la hermenéutica, si bien tiene aspectos científicos, sigue siendo, a pesar de ello, un arte, debido al hecho de articular sentidos interpretativos con demostrativos. Y así lo expone: “Interpretar es reconstruir un discurso dentro de un contexto de vida. Frente al afán de conmensurabilidad y de reducción; frente a la teoría que afirma que la esencia del hombre es descubrir esencias (esencia de cristal, espejo) y reflejarlas como en un espejo, con claridad y distinción, se nos propone, con la hermenéutica, una idea de cultura como diálogo y conversación”.

Referencias

- Acevedo, M. 1989a. Regionalización geomorfológica. IV. Relieve. *Nuevo Atlas Nacional de Cuba*. G. Oliva (Ed.). Inst. Geografía. Acad. Cienc. Cuba.
- Acevedo, M. 1989b. *Geografía física de Cuba*. Editorial Pueblo y Educación, La Habana
- Acinas, S. G. V. Klepac-Ceraj, D. E. Hunt y C. Pharino. 2004. Fine-scale phylogenetic architecture of a complex bacterial community. *Nature*, 430: 551-553.
- Acosta, F. 2004. ¿Sabes realmente qué es un paradigma? Universidad Politécnica CUJAE Cuba www.monografias.com
- Aguilar, R. y R. Contreras. 2001. La distribución de los mamíferos marinos en México: un enfoque panbiogeográfico. En: *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. EDS (J. Llorente y J. Morrone) Facultad de ciencias, UNAM, México, DF. Pp: 213-220.
- Ahl, V. y T.F. H. Allen. 1996. *Hierarchy theory. A vision, vocabulary and epistemology*. Columbia University Press, New York.
- Alvárez, J. M. 1998. Self-organization and self-construction of order. En: *Evolutionary Systems. Biological and epistemological perspectives on selection and self-organization*. G. Van de Vijver, S. N. Salthe y M. Delpo (Eds). Kluwer Academic Publishers, pp: 167-78.
- Amundson, R. 1996. Historical development of the concept of adaptation. En: *Adaptation*. Pp: 11-53. (M. R. Rose y G. V. Lauder, EDS). Academic Press. New York.
- Andrade, M.L. 1994. Fossil Odontomachini (Hymenoptera: Formicidae) in amber from the Dominican Republic. *Stutt. Beitr. Naturk.*, 193:1-28.
- Andrade, M.L. 1995. The ant genus *Aphaenogaster* in Dominican and Mexican amber. *Stutt. Beitr. Naturk.*, 223: 1-11.
- Atlan, H. 1992. Finalidades poco comunes. En GAIA. Implicaciones de la Nueva Biología. (Ed: W. I. Thompson).
- Atlan, H. 1998. Immanent causality: A Spinozist viewpoint on evolution and theory of action. En: *Evolutionary Systems. Biological and epistemological perspectives on selection and self-organization*. G. Van de Vijver, S. N. Salthe y M. pp: 427-444.
- Avise, J. C. 2000. *Phylogeography. The history and formation of species*. Harvard University Press. Cambridge Massachusetts, London, England.
- Ayala, L. M. 1998. Mito y póiesis. *Metapolítica*, 2: 763-774.

Referencias

- Bak, P. 1999. *How nature works. The science of self-organizes critically*. Copernicus. Springer-Verlag, NY.
- Ball, I. R. 1976. Nature and formulation of biogeographical hypotheses. *Syst. Zool.*, 24: 40-430.
- Barbadilla, A. 1999. La selección natural: "Me replicó, luego existo". *Bol. SEA*. 26:605-612.
- Baroni-Urbani, C. 1995. Invasion and extinction in the West Indian ant fauna revised: the example of *Pheidole*. *Stutt. Beitr. Naturk.*, 22:1-29.
- Barros, C. J., M. Bortolanza, M. C. Cardoso, y E. D. Giustina. 2003. Distributional patterns of the Neotropical Muscidae (Diptera). En: *Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía*. pp: 263-274. (J. J. Morrone y J. I. Llorente Eds). Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Bassler, B. 2000. Tiny conspiracies. *Nat. Hist.*, 16-22.
- Bateson, G. 1982. *Espíritu y naturaleza*. Buenos Aires. Editorial Amorrortu.
- Bateson, G. 1992. Los hombres son hierba. Metáfora y el mundo del proceso mental. En: Gaia. Implicaciones de la nueva biología. Ed. (W. I. Thompson) Editorial Kairós. Barcelona. Pp: 37-46.
- Bechly, G. 2000. Mainstream cladistics versus Hennigian phylogenetic systematics. *Stuttgarter Beitr. Naturk.*, 613: 1-11.
- Beuchot, M. 1997. *Tratado de hermenéutica analógica*. UNAM, México.
- Biedma, J. 2000. Física cuántica, lógica y causalidad <http://usuarios.iponet.es/ddt/fisica.htm>
- Binder, P. 1999. Cuatro versiones de la complejidad. En: *Visiones sobre la complejidad*, Ediciones El Bosque, Santafé de Bogotá, pp: 39-48.
- Blandin, P y D. Bergandi. 2000. ¿Al alba de una nueva ecología?. *Mundo Científico*, 215: 54-57.
- Blaxter, M. L. 2004. The promise of a DNA taxonomy. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* **359** : 669-679.
- Bolker, J. A. y R. A. Raft. 1996. Developmental genetics and traditional biology. *Bioessays*, 18: 489-494.
- Bolton, B. 1995. A taxonomic and zoogeographical census of the extant ant taxa (Hymenoptera: Formicidae). *J. Nat. Hist.*, 29: 1037-1056.
- Borhidi, A. (1996): *Phytogeography and vegetation ecology of Cuba*. Akadémiai Kiado, Budapest.
- Bowler, P. J. 2003. Suffocated or shot? *Nature*, 423: 384.
- Briggs, J. C. 2003. Fishes and birds: Gondwana life rafts reconsidered. *Syst. Biol.*, 52: 548-554.
- Brooks D. R., A. P. G. Dowling, M. G. P. van Veller y E. P. Hoberg. 2004. Ending a decade of deception: a valiant failure, a not-so-valiant failure, and a success story. *Cladistics*, 20: 324-6
- Brooks, D. R. 2005. Historical biogeography in the age of complexity: expansion and integration. *Rev. Mex. Biod.*, 76: 1-16.

- Brooks, D. R. Van Veller, M. G. P. y D. A. McLennan. 2001. How to do BPA, really. *J. Biogeogr.*, 28: 343-358.
- Brooks, D. R. y D. A. McLennan. 2001. A comparison of a discovery-based and event-based method of historical biogeography. *J. Biogeogr.*, 28; 757-767.
- Brooks, D. R. y D. A. McLennan. 2002. *The nature of diversity: an evolutionary voyage of discovery*. University of Chicago Press, Chicago.
- Brooks, D. R. y D. A. McLennan. 2003. Extending phylogenetic studies of coevolution: secondary Brooks Parsimony Analysis, parasites, and the Great Apes. *Cladistics*, 19: 104-119.
- Brooks, D. R. y E. O. Wiley. 1988. *Evolution as entropy*. Toward a unified theory of biology 2nd Edition. University of Chicago Press, Chicago.
- Brooks, D. R. y G. P. Van Veller. 2003. Critique of parsimony análisis of endemicy as a method of historical biogeography. *J. Biogeogr.*, 30: 819-826.
- Brown, W.L. 2000. Diversity of ants, pp. 45-79. En: *Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. (Eds. D. Agosti, J.D. Majer, L. Alonso, T. Schultz). Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Brundin, L. 1972. Phylogenetics and biogeography. *Syst. Zool.*, 21: 69-79.
- Brundin, L. 1988. Phylogenetic Biogeography. Pp: 343-369. En: Myers, A. A. y P. S. Giller (eds.) *Analytical Biogeography*. Chpaman and Hall, London.
- Bryant, H. N. 1989. An evaluation of cladistic and character analysis as hypothetico-deductive procedures, and the consequences for character weighting. *Syst. Zool.*, 37: 214-227.
- Buchanan, C. 2004. Keep it simple. *Nature*, 428: 604.
- Bueno, A. y J. Llorente. 2000. Una visión histórica de la biogeografía dispersionista. *Caldasia*, 22: 161-184.
- Burgess, G.H., y R. Franz. 1989. Zoogeography of the Antillean freshwater fish fauna. En *Biogeography of the West Indies*. Pp:263-304. De: C. Woods. Sandhill. Crane Press. Florida.
- Bush, G. L. 1994. Sympatric speciation in animals: New wine in old bottles. *TREE*: 9:285-288.
- Cameron, W. 2001. Autopoiesis, agency and accident: criteria for the attribution of life. *Syst. Res.*, 18: 447-459.
- Cansino, C. 1998. ¿Cómo leer a los clásicos? *Metapolítica*, 2: 609-626.
- Capra, F. 1996. *The web of life*. Anchor Books, NY.
- Capra, F. 2002. *The hidden connections. A science for sustainable living*. Harper Collins Publishers.
- Casti, J. 1997. *Would be worlds*. John Wiley & Sons. New York.
- Casti, J. 2001. *Paradigms regained. Unraveling the mysteries of modern science*. Abacus, London.
- Cazachkoff, G. 2001. El Tao y la multiplicidad. gustavoc@fibertel.com.ar.
- Check, E. 2005. The X factor. *Nature*, 434: 266-267.
- Cillier, P. 1998. *Complexity and postmodernism. Understanding and modeling complex systems*. Routledge, London.

Referencias

- Ciurana, E. R. 2000. *Una antropología compleja para entrar al siglo XXI. Claves de comprensión*. Instituto Internacional para el pensamiento complejo. USAL, El Salvador.
- Ciurana, E. R. 2001a. *Complejidad. Elementos para una definición*. Instituto Internacional para el pensamiento complejo. USAL, El Salvador.
- Ciurana, E. R. 2001b. *Antropología Hermenéutica (Sobre Dilthey, Heidegger y Gadamer)*. Instituto Internacional para el pensamiento complejo. USAL, El Salvador.
- Coddington, J.A. 1994. The roles of homology and convergence in studies of adaptation. En: *Phylogenetics and ecology*. pp:53-58. The Linnean Society of London.
- Collazo, A. 2000. Developmental variation, homology, and the pharyngula stage. *Syst Biol.*, 49: 3-18.
- Collier, J. D. 1999. Autonomy and process closure as the basis for functionality. *Research Community of Evolution and Complexity & Washington Evolutionary Systems Society*. Edit: University of Ghent, Belgium, 3-5 May 1999.
- Collier, J. y C.A. Hooker. 1999. Complexly Organised Dynamical Systems. *Open Syst. Inf. Dyn.*, 6: 241-302.
- Contreras-Medina, R. y H. Eliosa. 2001. Una visión panbiogeográfica preliminar de México. En: *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. EDS (J. Llorente y J. Morrone) Facultad de ciencias, UNAM, México, DF. Pp: 197-212.
- Contreras-Medina, R., J. J. Morrone y I. Luna. 2003. Uso de herramientas biogeográficas para el reconocimiento de "hotspots": Un ejemplo de aplicación con Briofitas y Gimnospermas. En: *Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía*. pp: 155-158. (J. J. Morrone y J. Llorente Eds). Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Cordero, A. 1999. Adaptación, selección natural y la falacia de la supervivencia de la especie. *BOL. S.E.A.* 26: 613-617.
- Corning, P. A. 1995. Synergy and self-organization in the evolution of complex systems. *Syst. Res.*, 12: 89-121.
- Cowie, R. H. y B. S. Holland. 2006. Dispersal is fundamental to biogeography and the evolution of biodiversity on oceanic islands. *J. Biogeogr.*, 33: 193-198.
- Cox, C. B. 1998. From generalized tracks to ocean basins- How useful is Panbiogeography. *J. Biogeogr.*, 1: 75-94.
- Coyne, J.A. 2004. The evolutionist's tale. 431: 903-905.
- Cracraft, J. 2002. The seven great questions of systematic biology: and essential foundation for conservation and the sustainable use of biodiversity. *Ann. Miss. Bot. Gard.*, 89: 127-144.
- Cracraft, J. 1988. Deep-history biogeography: retrieving the historical pattern of evolving continental biotas. *Syst. Zool.*, 37: 221-236.

Referencias

- Craw, R. 1988. Panbiogeography: method and synthesis in biogeography. En: *Analytical biogeography. an*
- Craw, R.C., J. R. Grehan, y M. J. Heads. 1999. *Panbiogeography. Tracking the history of life*. Oxford University Press.
- Crisci, J. V. 2001. The voice of historical biogeography. *J. Biogeogr.*, 28:157-168.
- Croizat, L. 1964. *Space, time, form: the biological synthesis*. Publicado por el autor, Caracas.
- Croizat, L. 1973. La "panbiogeografía" en breve. *Webbia*, 29: 189-226. En: *Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía*. pp: 54-64. (J. J. Morrone y J. Illorente Eds). Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Croizat, L. 1982. La biogeografía desde mi punto de vista. En: *Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía*. pp: 64-68. (J. J. Morrone y J. Illorente Eds). Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Crother, B. I. 2002. O patterns! Wherefore art thou patterns! (with apologies to Shakespeare). *J. Biogeogr.*, 29: 1263-1265
- Csányi, V. 1998. Evolution: modelo or metaphor?. En: *Evolutionary Systems. Biological and epistemological perspectives on selection and self-organization*. G. Van de Vijver, S. N. Salthe y M. Delpos (Eds). Kluwer Academic Publishers, pp: 1-12.
- D'Angelo, O. S. 2004. La Autonomía integradora.- Entre las emergencias y las clausuras. Ponencias del II Seminario Bienal Internacional acerca de las Implicaciones Epistemológicas, Filosóficas y Metodológicas de la Teoría de la complejidad. Complejidad La Habana, 2004, Palacio de las convenciones ISBN: 959712433-5.
- Dávalos, I. M. 2004. Phylogeny and biogeography of Caribbean mammals. *Biol. J. Linnean Soc.*, 81, 373394.,
- Davidson, y H. Harootunian (eds). Chicago, University of Chicago Press, pp: 492-503.
- Dawkins, R. 1982. *The extended phenotype*. Oxford University Press.
- Dawkins, R. 1996b. *Climbing mount improbable*. W.W.Norton Press.
- Dawkins, R. 1998. *Unweaving the rainbow*. Oxford University Press.
- Dawkins, R. 1989. *The selfish gene 2nd Edition*. Oxford University Press.
- Dawkins, R. 1996a. *The blind watchmaker*. Penguin. New York.
- De Jong, R. 1996. The continental asian elements in the fauna of the philippines as exemplified by *Coladenia*
- De Queiroz, A. 2005. The resurrection of oceanic dispersal in historical biogeography. *TREE*, 20: 68-73.
- De Queiroz, K. 2005. A unified concepts of species and its consequences for the future of taxonomy. *Proc. California. Acad. Sci.*, Supplement 1:196-215.
- De Queiroz, K. 1999. The general lineage concept of species, and the defining properties of the species category. In: *Species. New interdisciplinary essays*. (Ed) R. A. Wilson. A Bradford Book. Massachussets, Cambridge, London, England.

Referencias

- De Queiroz, K., Poe, S., 2001. Philosophy and phylogenetic inference: a comparison of likelihood and parsimony methods in the context of Karl Popper's writings on corroboration. *Syst. Bio.*, 50: 305-321.
- Delgado, C. 2001. La filosofía del marxismo ante la revolución del saber contemporáneo. Cátedra de Complejidad del Instituto de Filosofía de la Habana. (Inédito). cdelgado_2001@yahoo.com
- Delgado, C.J. 2002. Cognición, problema ambiental y bioética. En: *Bioética para la sustentabilidad*. (Ed. J. R. Acosta) Publicaciones Acuario. Centro Felix Varela. La Habana. Pp: 135-156.
- Dent, E. D. 2002. An alternative to the sovereign power of causality. En: *Primer Seminario Biental Acerca de las Implicaciones Filosóficas, Epistemológicas y Metodológicas de la Teoría de la Complejidad* Instituto de Filosofía, La Habana. filosof@ceniai.inf.cu, edent@umac.edu
- Depew, D. J. y B. H. Weber. 1995. Darwinism evolving. Systems dynamics and the genealogy of Natural selection. A Bradford book. The MIT Press, Cambridge, England.
- Dietrich, O. 1998. On some relations between cognitive and organic evolution. En: *Evolutionary Systems. Biological and epistemological perspectives on selection and self-organization*. G. Van de Vijver, S. N. Salthe y M. Delpo (Eds). Kluwer Academic Publishers, pp: 319-340.
- Duve, de Christian. 2005. The onset of selection. *Nature*, 433: 581-582.
- Dykhuizen, D. 2005. Species numbers in bacteria. *Proc. California. Acad. Sci.*, Supplement 1: 62-71.
- Ebach, M. C. 2001. Extrapolating cladistic biogeography: a brief comment on Van Veller *et al.* (1999, 2000, 2001). *Cladistics*, 17: 383-388.
- Ebach, M. C. y C. J. Humphries. 2002. Cladistic biogeography and the art of discovery. *J. Biogeogr.*, 29: 427-444.
- Ebach, M. C. y C. J. Humphries. 2003. Ontology of biogeography. *J. Biogeogr.*, 30: 959-962.
- Ebach, M. C. y J. J. Morrone. 2005. Forum on historical biogeography. What is cladistic biogeography? *J. Biogeogr.*, 2005: 2179-2187.
- Ebach, M. C., C. J. Humphries y D. M. Williams. 2003. Phylogenetic biogeography deconstructed. *J. Biogeogr.*, 30: 1285-1296.
- Eco, U. 1990. *The limits of interpretations*. Bloomington, IN: Indiana University Press.
- Editorial Kairos, Barcelona. Pp: 107-124.
- Edwards, L. 1998. Meaning out of chaos. En: Complexity: a new science for a postmodern world. *Lectures notes for week #1*. April 8. ledwards@sasq.net
- Eggleton, P., y R.I. Vane-Wright. 1994. Some principles of phylogenetics and their implications for comparative biology. En: *Phylogenetics and ecology*. pp: 345-367. Ed: P. Eggleton R.I. Van-Wright. Academic Press London.
- Eigen, M. 1993. Viral quasispecies. *Scient. Am.*, 269: 71-80.

- Eldredge, N. 1989. *Macroevolutionary dynamics: species niches and adaptative peaks*. Mc Graw Hill Publisher Company, New York, 226 pp.
- Eldredge, N. 1993. What, if anything, is a species? En: *Species, species concepts and Primate evolution*. pp:3-20. Ed: W.H. Kimbel y L.B. Martin. Plenum Press, New York.
- Eldredge, N. & S.J. Gould. 1972. Punctuated equilibria: an alternative to phyletic gradualism. En: *Models in paleobiology*. pp: 82-115. Ed: T.J.M. Shopf. Freeman, Cooper and Co. San Francisco, USA.
- Eldredge, N. 1999. Cretaceous meteor showers, the human ecological “niche” and the sixth extinction. En: *Extinctions in near time*. P:1-14. Edit: R. MacPhee. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.
- Eldredge, N., y J. Cracraft. 1980. *Phylogenetic patterns and the evolutionary process*. Columbia University Press, New York, 349 pp.
- Eoyan, G. H. 1997. *Coping with chaos. Seven simple tools*. Published by Lagumo 50 East Lake Golden Road. Circle Pines, Minnesota.
- Espinosa, D., C. Aguilar y T. Escalante. 2001. Endemismo, área de endemismo y regionalización biogeográfica. En: *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. EDS (J. Llorente y J. Morrone) Facultad de ciencias, UNAM, México, DF. Pp: 31-38.
- Espinosa, D., J. J. Morrone, J. Llorente O. Flores. 2002. *Introducción al análisis de patrones en biogeografía histórica*. Facultad de ciencias, UNAM, Mexico.
- Espinosa, D., y J. Lorente. 1993. Fundamentos de biogeografías filogenéticas. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias.
- Espinosa, J. y J. Ortea. 1999. Moluscos terrestres de Cuba. *Avicennia*, Supp. 2.
- Espinosa, J., J. Ortea y A. Valdés. 1994. Clasificación taxonómica y endemismos de los moluscos terrestres de Cuba. *Avicennia*, 1: 111-124.
- Espinosa, J., L. Bidart y W. Rodríguez. 2005. *Moluscos terrestres y fluviales del Pan de Guajaibón, Reserva Natural Mil Cumbres, Pinar del Río*. (Inédito). Informe final de Proyecto de Investigación, 30502, Instituto de Ecología y Sistemática.
- Evans, B. J., Brown, R. F., McGuire, A., Supriatna, J., Andayani, N., Diesmos, A., Iskandar, D. Melnick, D. J., y Cannatella, D. C. 2003. Phylogenetics of fanged frogs: testing biogeographical hypotheses at the interface of the Asian and Australian faunal zones. *Syst. Biol.*, 52: 794-819.
- Faith, D. P. y P. S. Cranston. 1992. Probability, parsimony, and Popper. *Syst. Biol.*, 41: 252-257.
- Faith, D. P. y W. H. Trueman. 2001. Towards and inclusive philosophy for phylogenetic inference. *Syst. Biol.*, 50: 331-350.

Referencias

- Falconer, J. 2004. Emergence happens!: misguided paradigms regarding organizational change and the role of complexity and patterns in the change landscape. Ponencias del II Seminario Bienal Internacional acerca de las Implicaciones Epistemológicas, Filosóficas y Metodológicas de la Teoría de la complejidad. Complejidad La habana, 2004, Palacio de las convenciones ISBN: 959712433-5.
- Farris, J.S. 1983. The logical basis of phylogenetic analysis. En: *Advances in Cladistics* 2. pp:7-36. Ed: G. Nelson y D.E. Rosen. Columbia University Press, New York.
- Ferguson, M. 1998. *La conspiración de Acuario. Transformaciones personales y sociales en este fin de siglo*. Séptima Edición. Caspe. Barcelona.
- Fernández, E. 2004. *Complejidad y relacionismo peirciano*. Ponencias del II Seminario Bienal Internacional acerca de las Implicaciones Epistemológicas, Filosóficas y Metodológicas de la Teoría de la complejidad. Complejidad La habana, 2004, Palacio de las convenciones ISBN: 959712433-5.
- Fernández, F. y S. Sendoya. 2004. Biota Colombiana. Special issue: List of Neotropical ants. Vol. 5 Num. 1 (monográfico). Universidad Nacional de Colombia. Instituto de ciencias Naturales.
- Feyerabend, P. 1975. *Against method*. New Left Books, London.
- Fisher, R. A. 1936. The measurment of selective intensity. *Proc. Roy. Soc. London*, 121: 58-62.
- Flores, L. 2004. Perspectivas fenomenológicas de la complejidad. Hacia una reposición del conocimiento en educación. Ponencias del II Seminario Bienal Internacional acerca de las Implicaciones Epistemológicas, Filosóficas y Metodológicas de la Teoría de la complejidad. Complejidad La habana, 2004, Palacio de las convenciones ISBN: 959712433-5.
- Fontana, W. y P. Shuter. 1998. Continuity in evolution: On the nature of transitions. *Science*, 280: 1457-1463.
- Fontenla, J. L. 2000a. Definitions, phylogenetic relationships and morphological species groups of taxon *Macromischa* (Hymenoptera: Formicidae: *Lepto thorax*). *Avicennia*, 12/13: 35-44.
- Fontenla, J. L. 2001b. La especie: sobre su definición y otros tópicos. *Cocuyo*, 11: 24-31.
- Fontenla, J. L. 2005a. Relaciones biogeográficas de las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de las Antillas. En: Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines. (Ed: J. Llorente, J. Morrone) Facultad de Ciencias, UNAM pp: 395-416.
- Fontenla, J. L. 2005b. Entre lo histórico y lo lógico: el no-diálogo en la biogeografía. *Cocuyo*, 15: 33-43.
- Fontenla, J. L. 2000b. Historical biogeography and character evolution in the phylogenetic taxon "*Macromischa*" (Hymenoptera: Formicidae: *Lepto thorax*). *Trans. Ent. Soc*, 126: 401-416.

Referencias

- Fontenla, J. L. 2000c. The genus *Prenolepis* Mayr 1861 (Formicidae) in the Greater Antilles, with an outline on phylogenetic relationships. *Carib. J. Scien.*, 36: 76-86.
- Fontenla, J. L. 2001a. Sobre el nicho ecológico. *Cocuyo*, 10: 26-31.
- Fontenla, J. L. 2003. Biogeography of Antillean butterflies (Lepidoptera: Rhopalocera). Patterns of association among areas of endemism. *Trans. Amer. Entomol. Soc.*, 129: 399-410.
- Fortey, R. 1998. *An unauthorized biography. A natural history of the first 4 000 000 000 years of life on earth*. Flamingo. Harper Collins Publishers.
- Franco, P. 2001. Estudios panbiogeográficos en Colombia. En: *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. EDS (J. Llorente y J. Morrone) Facultad de ciencias, UNAM, México, DF. Pp: 221-224.
- Gaarder, J. 1998. *El mundo de Sofía. Novela sobre la historia de la filosofía*. Editorial Patria. Ediciones Siruela. Madrid.
- García, N. y Fontenla, J. L. 2004. Parásitos: la fuerza oculta de la evolución. *Cocuyo* 14: 27-32.
- Gell-Mann, M. 1998. *El quark y el jaguar. Aventuras en lo simple y lo complejo*. Tousquets Editores. Barcelona. 4^{ta} edición.
- Gernandt, D. S., G. Geadá, S. Ortiz, A. Liston. 2005. Phylogeny and classification of *Pinus*. *Taxon*, 54: 1-14.
- Ghiselin, M. T. 1987. Species concepts, individuality, and objectivity. *Biol. Philos.*, 2: 127-144.
- Ghiselin, M. T. 2005. Taxonomy as the organization of knowledge. *Proc. California Acad. Sci.*, Supplement 1:161-169.
- Giles, J. 2005. The dustiest place on earth. *Nature*, 434: 816-819.
- Gillespie, R. G. y G. K. Roderick. 2002. Arthropods on islands: colonization, speciation and conservation. *Annu. Rev. Entomol.*, 47: 595-632.
- Giovannoni, S. 2004. Oceans of bacteria. *Nature*, 430: 515-516. *Palpibracus* (Diptera: Muscidae): An integrative study using panbiogeography, parsimony analysis of endemism, and component analysis. En: *Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines.*, pp: 485-508. (J.J. Morrone y J)
- Giustina, E. D. y C. J. Barros. 2005. Biogeography of llorente Eds). Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Goguen, J. A. y Varela, F. J. 1979. Systems and distinctions: Duality and complementarity. *J. Gener. Syst.*, 5: 31-43.
- Goldenfield, N. y L. P. Kadanoff. 1999. Simple lessons from complexity. *Science*, 284: 307-308.
- Goldstein, J. 1999. Emergence as a construct: history and issues. *Emergence*, 1: 49-72.

Referencias

- Goodwin, B. 1984. Changing from an evolutionary to a generative paradigm in biology. En: *Evolutionary theory: Paths into the future*. Pp: 99-120. (J. W. Pollard, ED). John Wiley & Sons.
- Goodwin, B. 1998. *Las manchas del leopardo. La evolución de la complejidad*. Tusquets editores. Barcelona.
- Gordon, M. S. 1999. The concept of monophyly: a speculative essay. *Biol. Phil.*, 14: 31-348.
- Gould, S. J. 2002. *The structure of evolutionary theory*. The Library of Congress. USA.
- Gould, S. J. y E. Vrba. 1982. Exaptation: a missing term in the science of form. *Paleobiology*, 8: 4-15.
- Gould, S.J. & N. Eldredge. 1993. Punctuated equilibrium comes of age. *Nature*, 366:223-226.
- Grant, T. 2002. Testing methods: the evaluation of discovery operations in evolutionary biology. *Cladistics*, 18: 94-111.
- Grant, T. y A. G. Kluge. 2003. Data exploration in phylogenetic inference: scientific, heuristic, or neither. *Cladistics*, 19: 379-418.
- Gray, R. D. 1987. Beyond labels and binary oppositions: what can be learnt from the nature/nurture dispute? *Rev. Biol-Biol. Forum*, 80: 192-196.
- Grehan, J. 2001b. Panbiogeografía y la geografía de la vida. En: *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. EDS (J. Llorente y J. Morrone) Facultad de ciencias, UNAM, México, DF. Pp: 197-212
- Grehan, J. 2001c. Islas Galápagos: biogeografía tectónica y evolución en un archipiélago oceánico. En: *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. EDS (J. Llorente y J. Morrone) Facultad de ciencias, UNAM, México, DF. Pp: 153-160.
- Grehan, J. R. 2000. Panbiogeografía 1981-2000: desarrollo de una síntesis tierra/vida. *Anartia*, 10: 1-41.
- Grehan, J. R. 2001a. Biogeography and Earth history. *The biogeographer*, electronic version Vol2 (1) Fall 2001.
- Grehan, J. R. 2003. Empire of the New World. *Cladistics*, 19: 372-375.
- Grehan, J. R. y R. Ainsworth. 1985. Orthogenesis and evolution. *Syst. Zool.*, 34: 174-192.
- Haffer, J. 2003a. Ciclos de tiempo e indicadores de tiempo en la historia de la Amazonia. En: *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. EDS (J. Llorente y J. Morrone) Facultad de ciencias, UNAM, México, DF.
- Halas, D., D. Zamparo y D. R. Brooks. 2005. A historical biogeographical protocol for studying biotic diversification by taxon pulses. *J. Biogeogr.*, 32: 249-260.

- Halffter, G. 2000. Medir la biodiversidad. En: *Hacia un proyecto CYTED para el inventario y estimación de la diversidad entomológica en Iberoamérica*. Pribes 2000. pp: 11-18.
- Halffter, G. 2003b. Sobre diversidad biológica: una presentación, dos conferencias y un apéndice. *BOL.S.E.A.*, 33: 1-17.
- Halffter, G., C. E. Moreno y E. O. Pineda. 2001. *Manual para evaluación de la biodiversidad en Reservas de la Biosfera*. SEA 2. Sociedad Entomológica Aragonesa.
- Härilin, M. 2005. Definitions and phylogenetic nomenclature. *Proc. California Acad. Sci.*, Supplement 1:216-224.
- Harrison, L. G. 1993. *Kinetic theory of living pattern*. Cambridge. Cambridge University Press.
- Hass, C. A., L. R. Maxson y S. B. Hedges. 2001. Relationships and divergence times of West Indian amphibians and reptiles: insights from albumin immunology. En: *Biogeography of the West Indies. Patterns and perspectives*. (Ed. C. A. Woods y F. E. Sergile). CRC Press. Pp: 157-174.
- Hasting, A. 2004. Populations in space and time. *Nature*, 432: 19-20.
- Hawking, S. 2002. *El Universo en una cascara de nuez*. Editorial Planeta. Barcelona.
- Hayashi, T. y R. W. Carthew. 2004. Surface mechanics mediate pattern formation in the developing retina. *Nature*, 431: 647-653.
- Haydon, D. T. B. I. Crother y E. R. Pianka. 1994. New directions on biogeography? *TREE*, 10: 403-406.
- Heads, M. 2005a. The history and philosophy of panbiogeography. En: *Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines.*, pp: 179-184. (J. J. Morrone y J. I. Llorente Eds). Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Heads, M. 2005b. Dating nodes on molecular phylogenies: a critique of molecular biogeography. *Cladistics*, 21: 627-628.
- Heads, M. J. 1985. On the nature of ancestors. *Syst. Zool.*, 16: 495-510.
- Hedges S. B. 2001. Biogeography of the West Indies: an overview. En: *Biogeography of the West Indies. Patterns and perspectives*. (Ed. C. A. Woods y F. E. Sergile). CRC Press. Pp: 15-34.
- Hedges, S. B. 1996. The origin of West Indian Amphibians and reptiles. En *Contributions to West Indian herpetology.: A tribute to Albert Schwartz*. pp:95-128. Ed: R. Powells y R.W. Anderson. Society for the study of Amphibians and Reptiles. Ithaca, New York.
- Hempel, C. y P. Oppenheim. 1948. Studies in the logic of explanation. *Phil. Sci.*, 15: 135-175.
- Hendrik, A. P. 2005. The power of natural selection. *Nature*, 433: 694-695.
- Hendriks-Jansen, H. 1996. *Catching ourselves in the act. Situated activities, interactive emergence, evolution, and Human thought*. A Bradford book. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England.

Referencias

- Henghelved, R. 1992. *Dynamic biogeography*. Cambridge University Press. Cambridge, Massachusetts.
- Henghelved, R. 1997. Impact of biogeography on a population-biological paradigm shift. *J. Biogr.*, 24: 541-547.
- Hennig, W. 1966. *Phylogenetic Systematics*. University of Illinois Press. Urbana.
- Hermosilla, N., L. Lavanderos y B. Saavedra. 2004. La invención de la prehistoria, una narrativa desde la complejidad en arqueología. Ponencias del II Seminario Bienal Internacional acerca de las Implicaciones Epistemológicas, Filosóficas y Metodológicas de la Teoría de la complejidad. Complejidad La Habana, 2004, Palacio de las convenciones ISBN: 959712433-5.
- Hoffmeyer, J. 1996. Signs of meaning in the universe. Indiana University Press USA. .
- Hoffmeyer, J. 1998. The unfolding semiosphere. En: *Evolutionary Systems. Biological and epistemological perspectives on selection and self-organization*. G. Van de Vijver, S. N. Salthe y M. Delpo (Eds). Kluwer Academic Publishers, Pp: 281-293.
- Hoffmeyer, J. & C. Emmeche. 1991. Code-duality and the semiotics of nature. En: *On semiotic modeling*. M. Anderson y F. Merrell (eds.). Mouton de gruyrer, Berlin and New York. pp: 117-166.
- Holloway, J. D. 2003. An addiction to Southeast Asian biogeography. *J. Biogr.*, 30: 165-180.
- Hormiga, G., M. Arnedo y R. G. Gillespie. 2003. speciation on a conveyor belt: sequential colonization of the Hawaiian islands by *Orsonwelles* spiders (Araneae: Linyphiidae) *J. Biogr.*, 52: 70-88.
- Hovenkamp. P. 1997. Vicariance events, no areas, should be used in biogeographical analysis. *Cladistics*, 13:67-79.
- Hovenkamp. P. 2001. A direct method for the analysis of vicariance patterns. *Cladistics*, 17: 260-265.
- Hubbell, S. P. 2001. *The unified neutral theory of biodiversity and biogeography*. Princeton University press. Princeton, NJ.
- Hull, D. 1998. Sujetos centrales y narrativas históricas. En: *Historia y explicación en Biología*. (Eds: S. Martínez y A. Barahour). UNAM, México. Pp: 247-272.
- Hull, D.L. 1980. Individuality and selection. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 11:311-332.
- Humphries, C. J. and L. R. Parenti 1987. *Cladistic biogeography*. Clarendon Press. Oxford.
- Humphries, C. J. and L. R. Parenti 1999. *Cladistic biogeography. Second Edition: interpreting patterns of plant and animal distributions*. Oxford University Press, Oxford.
- Hunn, A. C. y P. Upchurch. 2001. Toward a “chronobiogeographical” paradigm. *Syst. Biol.*, 50: 391-408.

Referencias

- Hut, P., B. Goodwin y S. Kauffman. 2000. Complexity and functionality: A search for the where, the when and the how. En: *Unifying themes in complex systems*. Ed. (Yaneer Bar-Yam). Perseus Books, Cambridge, Massachusetts. pp: 257-269.
- Ibañez, J. 1991. *El regreso del sujeto. La investigación social de segundo orden*. Ediciones Amerina. Barcelona.
- integrated approach to the study of animal and plant distribution*. (A. A. Millers y P. S. Gillers, eds.). pp: 405-434.
- Iturralde-Vinent, M. 1988. *Naturaleza geológica de Cuba*. Editorial Científico-Técnica, La Habana.
- Iturralde-Vinent, M. 2005. La paleogeografía del Caribe y sus implicaciones para la biogeografía histórica. *Revista del Jardín Botánico Nacional* 25-26: 49-78.
- Iturralde-Vinent, M., y R. MacPhee. 1999. Paleogeography of the Caribbean region: Implications for Cenozoic biogeography. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* 238: 1-95.
- Iturralde-Vinent, M. y R. MacPhee. 2004a. *Los Mamíferos Terrestres de las Antillas Mayores: Su Paleogeografía, Biogeografía, Irradiaciones y Extinciones*. Publicaciones de la Academia de Ciencias de la República Dominicana. Editorial Buho. Santo Domingo, 30 p.
- Iturralde-Vinent, M., y R. MacPhee. 2004b. Evaluating some Greater Antillean colonization scenarios: by landspan, viking funeral ship, or Noah's ark? *International symposium "Insular Vertebrate Evolution. The Palaeontological approach"*. September 16-19 2003 Mallorca. Programme & Abstracts. Societat D'Historia Natural de Les Balears.
- Jablonski, D. 1997. Progress at the K-T boundary. *Nature*, 387: 354-355.
- Jablonski, D. 2004. Extinctions: past and present. *Nature*, 427: 589..
- Jamney, P.A. y E. D. Discher. 2004. Developmental biology: Holding it together in the eye. *Nature*, 431: 635-636.
- Jaramillo, J. M. 1993. Desarrollos recientes en la filosofía de la ciencia. Tres momentos significativos. *Praxis filosófica*. Nueva Serie, No. 4: 64-92.
- Johnson, S. 2001. *Emergence. The connected lives of ants, brains, cities, and software*. Scribner. New York.
- Jordan, S. C. Simon y D. Polhemus. 2003. Molecular systematics and adaptive radiation of Hawaii's endemic damselfly genus *Meglagrion* (Odonata: Coenagrionidae). *Syst. Biol.*, 52: 89-109.
- Joslyn, C. 1999. Levels of control and closure in complex semiotic systems. En: *Closure, Emergent organizations and their Dynamics. Research Community of Evolution and Complexity & Washington Evolutionary Systems Society*. Edit: University of Ghent, Belgium, 3-5 May 1999.
- Juarrero, A. 1999. *Dynamic in action. Intentional behavior as a complex system*. Bradford Book. the MIT Press. Cambridge, Massachusetts.

Referencias

- Juarrero, A. 2002. Sistemas dinámicos complejos: el problema de la identidad. En: *Primer Seminario Bienal Acerca de las Implicaciones Filosóficas, Epistemológicas y Metodológicas de la Teoría de la Complejidad* Instituto de Filosofía, La Habana. filosof@ceniai.inf.cu
- Kampis, G. 1991. *Self-modifying systems*. Pergamon Press, Oxford, England.
- Kampis, G. 1998. Evolution as its own cause and effect. En: *Evolutionary Systems. Biological and epistemological perspectives on selection and self-organization*. G. Van de Vijver, S. N. Salthe y M. Delpo (Eds). Kluwer Academic Publishers.
- Kauffman, S. 1993. *The origins of order*. New York, Oxford. Oxford University Press.
- Kauffman, S. 2000. *Investigations*. Oxford University Press. New York, Oxford.
- Kauffman, S. 1996. *At home in the universe. The search for the laws of self-organization and complexity*. Oxford University Press. New York, Oxford.
- Keller, L. 2003. Changing the world. *Nature*, 425: 769-770.
- Keller, R. A. 2003. Book Review: *The poverty of Linnean hierarchy: a philosophical study of biological taxonomy*. *Cladistics*, 19: 173-175.
- Kelso, J. A. 1999. *Dynamic patterns. The self-organization of brain and behavior*. A Bradford book. MIT Press, Cam. Mass, London.
- Kelso, J. A. 2002. Principles of dynamic patterns formation and change for a science of human behavior. En: *Primer Seminario Bienal Acerca de las Implicaciones Filosóficas, Epistemológicas y Metodológicas de la Teoría de la Complejidad* Instituto de Filosofía, La Habana. filosof@ceniai.inf.cu
- Khun, T. 1970. *The Structure of scientific revolutions*. University of Chicago Press. Chicago.
- Kirchner, J. W. y A. Weil. 2005. Fossils make waves. *Nature*, 147-148.
- Kitching, I. J., P. L. Forey, C. J. Humphries, and D. M. Williams. 1998. *Cladistics: the theory and practice*
- Kluge, A. G. 1990. Species as historical individuals. *Biol. Phil.*, 5: 417-431.
- Kluge, A. G. 1997. Testability and the refutation and corroboration of cladistic hypotheses. *Cladistics*, 13: 81-96.
- Kluge, A. G. 2002. Distinguishing "or" from "and" and the case for historical identification. *Cladistics*, 18: 585-593
- Kluge, A.G., 2001a. Philosophical conjectures and their refutation. *Syst. Biol.*, 50 322-330.
- Kluge, A.G., 2001b. Parsimony with and without scientific justification. *Cladistics*, 17: 199-210.
- Kull, K. 1999. Active motion, communicative aggregations and the spatial closure of Umwelt. *Research Community of Evolution and Complexity & Washington Evolutionary Systems Society*. Edit: University of Ghent, Belgium, 3-5 May 1999.

- Laland, K. N., J. Odling-Smee y M. W. Feldman. 2000. Niche construction, biological evolution and cultural change. <http://www//..Zoo.cam.AutoCorrect.uk>
- Lambert, D. M., B. Michaux, y C. S. White. 1987. Are species self-defining? *Syst. Zool.*, 36:196-205.
- Lanteri, A. A. 2001. Biogeografía de las Islas Galápagos. 2001. En: *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. EDS (J. Llorente y J. Morrone) Facultad de ciencias, UNAM, México, DF. Pp: 141-152.
- Lanteri, A. A. y V. A. Confaloneri. 2003. Filogeografía: Objetivos, métodos y ejemplos. En: *Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía*. pp: 185--194. (J. J. Morrone y J. Llorente Eds). Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Lass, R. 1997. *Historical Linguistics and Language Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lavanderos L y Malpartida A. 2001 *Cognición y Territorio*. Editorial Universitaria, UTEM Santiago, Chile.
- Lavanderos, L, y A. Malpartida. 2002. *La organización de las unidades Cultura-Naturaleza: Hacia una concepción relacional de la cognición*. Editorial Universitaria UTEM.
- Leakey, R. y R. Lewin. 1998. *La sexta extinción*. Tusquets editores. Barcelona.
- Lemishka, I y K. Moore. 2003. Stem cells: interactive niches. *Nature*, 425. October: 778-779.
- Lenton, T. M., H. J. Schellnhuber y E. Szathmáry. 2004. Climbing the co-evolution ladder. *Nature*, 431:913.
- León, Hno. (1946): Flora de Cuba: Vol. 1. *Contr. Ocas. Mus. Hist. Nat. Colegio La Salle*, 8:1-441
- Levins, R., y R.C. Lewontin. 1985. *The dialectical biologist*. Harvard University Press. Cambridge. Massachusetts, 303 pp.
- Lewin, R. 1995. *Complejidad. El caos como generador del orden*. Tusquets Editores. Barcelona.
- Lewontin, R. 1991. Facts and the factitious in natural science. *Critical Inquiry* 18:140-153.
- Lewontin, R. 1992. *Biology as Ideology: The doctrine of ADN*. New York: Harpers Collins. Un
- Lewontin, R. 2000. Evolution. En: *Unifying themes in complex systems*. Ed. (Yaneer Bar-Yam). Perseus Books, Cambridge, Massachusetts. pp: 15-25.
- Lieberman, B.S., y E.S. Vrba. 1995. Hierarchy theory, selection and sorting. *BioScience*, 45:394-399.
- Linder, H. P. 2002. On areas of endemism, with an example from the African Restionaceae. *Syst Biol.*, 50: 892-912.
- Lindley. D. 2005. To infinity and beyond! *Nature*, 434: 274.

Referencias

- Llorente, J, y D. Espinosa. 1991. Síntesis de las controversias de la biogeografía histórica contemporánea. *Ciencia*, 42: 239-244.
- Llorente, J. 2000. Una visión histórica de la biogeografía dispersionista. *Caldasia*, 22: 161-184.
- Llorente, J. J. J. Morrone, A. Bueno, R. Perez. A. Vitoria y D. Espinosa. 2000. Historia del desarrollo y recepción de las ideas panbiogeográficas de León croizat. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 24: 549-577.
- Llorente, J. y J. J. Morrone. 2001. Prefacio. En: *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. EDS (J. Llorente y J. Morrone) Facultad de ciencias, UNAM, México, DF. Pp: i-14.
- Llorente, J. y L. Michán. 2000. El concepto de especie y sus implicaciones para el desarrollo de inventarios y estimaciones en biodiversidad. En: *Pribes 2000. Hacia un proyecto CYTED para el inventario y la estimación de la diversidad biológica en Iberoamérica*. Pp: 87-96. (F. Martín-Pira, J. J. Morrone & A. Melic EDS) SEA, Zaragoza.
- Llorente, J., J. J. Morrone, A. Bueno, R. Pérez-Hernández, A. Vitoria y D. Espinosa. 2003. Un ensayo sobre las ideas de León Croizat. En: *Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía*. pp: 39-68. (J. J. Morrone y J. Llorente Eds). Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Llorente, J., N. Papavero y A. Bueno. 2001. Síntesis histórica de la biogeografía. En: *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. EDS (J. Llorente y J. Morrone) Facultad de ciencias, UNAM, México, DF. Pp: 1-14.
- Llorente, J., N. Papavero y N. G. Simoes. 1996. *La distribución de los seres vivos y la historia de la Tierra*. Ciencia 148. Fondo de Cultura Económica. DF, México.
- Lobo, J. M. 1999. Individualismo y adaptación espacial: un nuevo enfoque para explicar la distribución geográfica de las especies. *Bol. S.E.A.* 26: 561-572.
- Lobo, J. M. 2000. ¿Es posible predecir la distribución geográfica de las especies basándonos en variables ambientales? En: *Pribes 2000. Trabajos del 1º Taller Iberoamericano de Entomología Sistemática*. J. J. Morrone y A. Melic (Eds). S.E.A. Vol. 1. Pp: 55-68.
- Loehle, C. 2004. Challenges of ecological complexities. *Ecol., Complex.*, 1: 3-6.
- Lomba, A. (Inédito). Filgenia del género *Polymita* (Beck, 1837) (Mollusca, Styllommatophora, Helmyntoglyptidae). Proyecto "Biogeografía de la Biota Terrestre de Cuba en el Contexto del Caribe". Museo Nacional de Historia Natural de Cuba, CITMA.
- López, A. M. Rodríguez y A. Cárdenas. 1993. El endemismo vegetal en Maisí-Guantánamo (Cuba Oriental). *Fontqueira*, 36: 399-420.
- Lovelock, J. 2003. The living earth. *Nature*, 426: 769-770.
- Lucas, C. 1999. Emergence and evolution-constraints of form. <http://www.calrasco.org/merge.htm>.

- Luhmann, N. 1991. *Sistemas sociales. Lineamientos para una teoría general*. México, Alianza/UIA.
- Luhmann, N. 1996. *Introducción a la teoría de sistemas*. México, Alianza/UIA.
- Luhmann, N. 1985. *Complexity and Meaning. The Science and praxis of complexity*. The United Nations University, Tokio.
- Mabel, S. 2004. Enfoque de la complejidad y educación liberadora. *Educación*, 111: 28-36.
- Maceira, D. (Inédito). Moluscos de Nipe-Sagua-Baracoa. Proyecto "Diversidad Biológica del Macizo Nipe-Sagua-Baracoa". BIOECO, CITMA, Cuba.
- Mackenzie, K.D. 1986. *Organizational Design: the Organizational Audit and Analysis Technology*. Norwood, NJ: Ablex.
- MacPhee, R.D.E. 2005. 'First' appearances in the Cenozoic land-mammal record of the Greater Antilles: significance and comparison with South American and Antarctic records. *J. Biogr.*, 32: 551-564.
- MacPhee, R. y M. Iturralde-Vinent 2000. A short history of Greater Antillean land mammals: biogeography, paleogeography, radiations, and extinctions. *Tropics*, 10: 145-154.
- MacPhee, R.D.E. e Iturralde-Vinent. 2005. The interpretation of Caribbean biogeography: Reply to Hedges. In Alcover, J.A. & Bover, P. (eds.): *Proceedings of the International Symposium "Insular Vertebrate Evolution: the Palaeontological Approach"*. *Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 12: 175-184.
- Maldonado, C. 1999: Esbozo de una filosofía de la lógica de la complejidad. En: *Visiones sobre la complejidad*, Ediciones El Bosque, Santafé de Bogotá, pp: 9-26.
- Malpartida, A. 2004. Lo obvio debe ser explicitado: la concepción relacional. *Complexus*, 1: 47-57.
- Mandelbrot, B. 1997. *La geometría fractal de la naturaleza*. Tusquets editores, Barcelona.
- Margaleff, R. 1991. *Teoría de los sistemas ecológicos*. Universidad de Barcelona.
- Margulis, L. y D. Sagan. 1995. *Microcosmos. Cuatro mil millones de años de evolución desde nuestros ancestros microbianos*. Tusquets Editores, Barcelona.
- Margulis, L. y D. Sagan. 2002. *Acquiring genomes. A theory of the origins of species*. Basic Books. The Perseus Books Group.
- Marquez, a. C. 2005. Three taxon statement analysis and its relation with primary data: implication for cladistics and biogeography. En: *Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines*. (Ed: J. Llorente, J. Morrone) Facultad de Ciencias, UNAM pp: 171-180.
- Marshall, L. G. 1988. Extinction. En: *Analytical biogeography. An integrated approach to the study of animal and plant distribution*. (A. A. Millers y P. S. Gillers, eds.). pp: 220-255.

Referencias

- Martin, W. y T. M. Embley. 2004. Early evolution comes full circle. *Nature*, 431: 134-136.
- Martín-Piera, F. y Y. SanMartín. 1999. Biogeografía de áreas y biogeografía de artrópodos holárticos y mediterráneos. *S.E.A.*, 26: 535-560.
- Mateo, J. 2004. El mundo en el siglo XXI y los desafíos para la geografía. Convención Trópico, 2004. La Habana. Memorias, ISBN: 959-7167-02-6.
- Matsinger, P. 2002. The danger model: a renewed sense of self. *Science*, April, 296: 301-305.
- Maturana, H. y F. Varela. 1984. *El Árbol del Conocimiento: Las Bases Biológicas del Conocer Humano*. Santiago (Chile): Editorial Universitaria.
- Maturana, H. 1987. Ontología de la conversación. *Terapia Sicológica*, 10: 15-23.
- Maturana, H. 1992. *Todo lo dice un observador*. En: *GAIA: Implicaciones de la nueva biología*. Editorial Kairós, SA, Barcelona. (Ed W.I. Thompson).
- Maturana, H. 1995. *La realidad ¿objetiva o construida? 1. Fundamentos biológicos de la realidad*. Anthopopos, Mexico.
- Maturana, H. 1997. *La objetividad. Un argumento para obligar*. Editorial Dolmen. Santiago de Chile.
- Maturana, H. y F. Varela. 1980. *Autopoiesis and Cognition*. D. Reidel, Dordrecht, Holanda.
- Maturana, H. 1980. Autopoiesis: Reproduction, heredity and evolution. En: *Autopoiesis, Dissipative Structures, and Spontaneous Social Orders*. Boulder, CO: Westview. Ed: M. Zeleny.
- Maturana, H. R. y G. Verden-Zoller (1993), *Amor y juego, fundamentos olvidados de lo humano*. Santiago de Chile, Instituto de Terapia Cognitiva.
- Maturana, H. y J. Mpodozis. 1992. Origen de las especies por medio de la deriva natural. *Publicación ocasional*, No. 46, Santiago de Chile, Museo de Historia Natural.
- Mayden, R. L. 1991. The wilderness of panbiogeography: a synthesis of space, time and form? *Syst. Zool.*, 40: 503-519.
- Mayer, M. 1998. *Complejidad y cambio. Un enfoque dinámico de la educación ambiental*. Madrid. Fundación Universidad Empresa.
- Mayer, M. 2002. Reglas y creatividad en la ciencia y en el arte. En: *Ciencia, Arte y Medio Ambiente*. Ed (María Novo). Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. Pp: 67-80.
- Mayr, E. 1992. *Una larga controversia: Darwin y el darwinismo*. Drakontos, Barcelona.
- Mayr, E. 1982. *The growth of biological thought*. The Belknap Press of Harvard University Press. Harvard University press, Cambridge, MA.
- Mc Dowall, R. M. 2003. Hawaiian biogeography and the islands freshwater fish fauna. *J. Biogeogr.*, 30: 703-710.
- Mc Shea, D. 2000. A hipótesis about hierarchies. En: *Unifying themes in complex systems*. Pp: 45-52. (Y. Bar-Yam, Ed). Perseus Books. Cambridge, Massachusetts.

- McShea, D. W. 1991. Complexity and evolution: what everybody knows. *Biol Philos.*, 6: 303-324.
- Méndez, 1999. La evolución en marcha: conceptos, lógica y metodología en la ecología evolutiva. *Bol. SEA*. 26: 595-603.
- Meyer, A. 2003. There and back again. *Nature*, 424: 255.
- Meyer, A. 2004. A dueto in speciation. A synthesis of ideas about how species arise hits the right note.
- Michaux, B. 1989. Generalized tracks and geology. *Syst. Zool.*, 38: 390-398.
- Milera, J. F. 2003. Los moluscos terrestres y fluviales de la Isla de la Juventud, Archipiélago de los Canarreos, Cuba. *Cocuyo*, 13: 15-18.
- Miller, J. Y Y L. D. Miller. 2001. The biogeography of the West Indian Butterflies (Lepidoptera): an application of a vicariance/dispersalist model. En: *Biogeography of the West Indies. Patterns and perspectives*. (Ed. C. A. Woods y F. E. Sergile). CRC Press. Pp: 127-156.
- Miranda, D. R. M. Donato y P. Posadas. 2003. La dispersión ha muerto, viva la dispersión. En: *Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía*. pp: 179-184. (J. J. Morrone y J. Ilorente Eds). Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Miranda, O. L. 2004. Complejidad y educación. *Tentativas. Educación*, 111: 7-12.
- Mittermeier, R. A., Myers, N. y Mittermeier, G. 1999. *Biodiversidad amenazada. Las ecorregiones del mundo*. Agrupación Sierra Madre, México D. F., 431 pp.
- Monaco, A. P. 2004. A recipe for mind. *Nature* 427: 681.
- Monod, J. 1970. *El azar y la necesidad*. Editorial Tusquets. Barcelona
- Moorbath, S. 2005. Dating earliest life. *Nature*, 434: 155.
- Moore, 1881 (Lepidoptera: Hesperidae). *Cladistics*, 12: 323-348.
- Moreno, A. y Ruiz-Mirazo. 2002. Key issues regarding the origin, nature and evolution of complexity in nature: information as a central concept to understand biological organization.
- Moreno, E. 1997. In search of a bacterial species definition. *Rev. Biol. Trop.*, 45: 753-771.
- Morente, M. G. 2000. Prólogo al *Discurso del Método*. www.elaleph.com
- Morin, E. 1984. *Ciencia con consciencia*. Editorial Anthopos, Barcelona.
- Morin, E. 1992. *El método IV. Las ideas: su vida, sus costumbres, su organización*. Ediciones Cátedra. Madrid.
- Morin, E. 1993. *El método. La naturaleza de la naturaleza*. Ediciones Cátedra. Madrid.
- Morin, E. 1994. *Introducción al pensamiento complejo*. Editorial Gedisa, Barcelona.
- Morrone, J. J. 2003. ¿Quién le teme al darwinismo? *Ciencia*, enero-marzo, 2003: 78-88.
- Morrone, J. J. 2004. *Homología biogeográfica. Las coordenadas espaciales de la vida*. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Morrone, J. J. 2001. Homology, biogeography, and areas of endemism. *Diversity and distributions*, 7: 291-300.

Referencias

- Morrone, J. J. 2005. Cladistic biogeography: identity and place. *J. Biogeogr.*, 32: 1281-1286.
- Munne, E. 1995a. Las teorías psicosociales y el análisis e intervención en las organizaciones. *Comportamento Organizacional e Gestao*, 1: 37-48.
- Munne, E. 1995b. Las teorías de la complejidad y sus connotaciones en las ciencias del comportamiento. *Rev. Interamericana Psicol.*, 29: 1-12.
- Munne, E. 1999. Constructivismo, construccionismo y complejidad: la debilidad de la crítica en la psicología construccionista. *Rev. Psicología Social*, 14: 131-144.
- Munne, E. 2002. El retorno de la complejidad y la nueva imagen del ser humano. *Rev. Interamericana Psicol.*, 36: 1-10.
- Munne, F. 1994. Complejidad y caos: más allá de una ideología del orden y el desorden. En: *Conocimiento, realidad e ideología*. Caracas, Apepso, 1994.
- Murguía M. y F. rojas. 2001. Biogeografía cuantitativa. . En: *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. EDS (J. Llorente y J. Morrone) Facultad de ciencias, UNAM, México, DF. Pp: 39-48.
- Murphy, M. y L. O'Neill. 1999. *La biología del futuro ¿Qué es la vida? Cincuenta años después*. Tusquets Editores. Barcelona.
- Myers, A. A. y P. S. Giller. 1988a. Process, pattern and scale in biogeography. En: *Analytical biogeography. An integrated approach to the study of animal and plant distribution*. (A. A. Millers y P. S. Gillers, eds.). pp: 3-14.
- Myers, A. A. y P. S. Giller. 1988b. Biogeographic patterns. En: *Analytical biogeography. An integrated approach to the study of animal and plant distribution*. (A. A. Millers y P. S. Gillers, eds.). pp: 15-21.
- Nafarrate, J. T. 1998. Sistema y complejidad. La arquitectura de la teoría de Niklas Luhmann. *Metpolítica*, 2: 661-672.
- Najmanovich, D. 1994. De "El tiempo a las temporalidades". En: *Temporalidad, determinación, azar. Lo reversible y lo irreversible*. (Ed. S. Bleichmar). Buenos Aires, Paidós. Pp: 190-198.
- Najmanovich, D. 2002. La complejidad: de los paradigmas a las figuras del pensar. En: *Primer Seminario Bienal Acerca de las Implicaciones Filosóficas, Epistemológicas y Metodológicas de la Teoría de la Complejidad*" Instituto de Filosofía, La Habana. filosof@ceniai.inf.cu.
- Nash, J. M. 1995. When life nearly exploded. *J. Nat. Hist.*, 46-52.
- Navarro, P. 1990. Tipos de sistemas reflexivos. En: *Nuevos avances en la investigación social. La investigación social de segundo orden*. Anthropos, Barcelona. Suplemento #22. Pp: 52-55.
- Nelson, G. 1978. From Candolle to Croizat: comments of the history of biogeography. *J. Hist. Biol.*, 11: 269-305.
- Nelson, G. 1994. Homology and systematics. En *Homology, the hierarchical basis of comparative biology* (ED: B. K. Hall). Academic Press, NY Pp: 102-137.
- Nelson, G. y N. Platnick. 1981. *Systematics and biogeography: cladistics and vicariance*. Columbia University Press, New York.

- Neuman, Y. 2001. On Turing's carnal error: some guidelines for a contextual inquiry into the embodied mind. *Syst. Res.*, 18: 557-564.
- Nicole, G. y I. Prigogine. 1989. *Exploring complexity. An Introduction*. W. H. Freeman and Company. New York.
- Nietzsche, F. 2003b. *El ocaso de los ídolos (o cómo se filosofa a martillazos)*. Proyecto Espartaco. (<http://www.espartaco.cjb.net>)
- Nietzsche, F. 2003a. *Más allá del bien y el mal*. Librodot.com
- Novo, M. 1998. *La educación ambiental. Bases éticas, conceptuales y metodológicas*. Ediciones Unesco. Editorial Universitat.
- Novo, M. 2002a. Descubrir, imaginar, conocer: Ciencia, Arte y Medio Ambiente. En: *Ciencia, Arte y Medio Ambiente*. Ed (María Novo). Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. Pp: 13-26.
- Novo, M. 2002b. Ecoarte: hacia un mestizaje de saberes. En: *Ciencia, Arte y Medio Ambiente*. Ed (María Novo). Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. Pp: 45-60.
- Novo, M. 2004. *Integración ciencia-arte en la complejidad*. Ponencias del II Seminario Bienal Internacional acerca de las Implicaciones Epistemológicas, Filosóficas y Metodológicas de la Teoría de la complejidad. Complejidad La habana, 2004, Palacio de las convenciones ISBN: 959712433-5.
- Núñez, A., N. Viña, A. Graña. 1989. Carsología. V. Carso. *Nuevo Atlas Nacional de Cuba*. G. Oliva (Ed.). Inst. Geografía. Acad. Cienc. Cuba.
- O' Hara (1988) Homage to Clio, or, toward an historical philosophy for evolutionary biology. *Syst. Zool.*, 37: 142-155.
- O'Hara, R. J. 1993. Systematic generalization, historical fate, and the species problem. *Syst. Biol.*, 42: 231-246.
- Odling-Smee, F. J., K. N. Laland y M. W. Feldman. 2003. *Niche construction: the neglected process in evolution*. Princeton University Press.
- Oliveira, R. J. 2004. La complejidad y la enseñanza de las ciencias: un desafío siempre presente. Ponencias del II Seminario Bienal Internacional acerca de las Implicaciones Epistemológicas, Filosóficas y Metodológicas de la Teoría de la complejidad. Complejidad La habana, 2004, Palacio de las convenciones ISBN: 959712433-5
- Olmstead, R. 2001. Phylogenetic inference and the writings of Karl Popper. *Syst. Biol.*, 50: 304-305.
- Oro, J. R. (1989): Evolución paleogeológica. En *Nuevo Atlas Nacional de Cuba: Sección III-1*. Instituto de Geografía, Academia de Ciencias de Cuba, La Habana, p. 4.
- Otero, J. M. 2002. Complexity, emergency, and globalization. En: *Primer Seminario Bienal Acerca de las Implicaciones Filosóficas, Epistemológicas y Metodológicas de la Teoría de la Complejidad* Instituto de Filosofía, La Habana. filosof@ceniai.inf.cu

Referencias

- Ottino, J.M. 2004. Engineering complex systems. *Nature*, 427: 399-401.
- Page, R.D.M., y C. Lydeard. 1994. Toward a cladistic biogeography of the Caribbean. *Cladistics*, 10:21-41.
- Patterson, C. 1983. Aims and methods in biogeography. En: R. W. Sims, J. H. Price y P. E. S. Whalley (eds). *Evolution, time and space: The emergence of the biosphere*. Academic Press London. Spec. Vol., pp: 23:1-28.
- Patterson, C. 1982. Morphological characters and homology. Pp: 21-74. En: Problems of phylogenetic reconstruction. (K. A. Joysey y A. E. Friday, eds). Academic Press, New York.
- Pearce, F. 2005. Detritus of life abound in the atmosphere. *NewScientist.com* 05/03/31.
- Pearson, R. G. y T.P.Dawson. 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global. Ecol. Biogeogr.*, 12: 361-372.
- Peñalver, L., Cabrera, M., Trujillo, H., Fundora, M. y J. Pérez. 2001. *Cambios climaticos en Cuba durante el Cuaternario sobre bases geológicas*. (Inédito). Informe Final. Instituto de Geología y Paleontología.
- Pérez, R. 2000. *¿Existe el método científico?* Fondo de Cultura Económica. México. DF.
- Peroff, N. C. 1999. Is Management an Art or a Science? A Clue in Consilience. *Emergence*, 1: 92-109.
- Pielou, E. C. 1992. *Biogeography*. Krieger Publishing Company, Malabar.
- Pigem, J. 2002. Ciencia intuitiva: hacia la reconciliación de Ciencia, Arte y Naturaleza. En: *Ciencia, Arte y Medio Ambiente*. Ed (María Novo). Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. Pp: 37-44.
- Pineda, F. 2005. Khun, Popper y el conocimiento contable. www.gestiopolis.com/canales/financiera/
- Platnick, N. I. 1976. Concepts of dispersal in historical biogeography. *Syst. Zool.*, 25: 294-295.
- Platnick, N. I. y G. Nelson, 1988. Spanning-tree biogeography: Shortcut, detour. Or dead-end?. *Syst. Zool.*, 37: 410-419.
- Popper, K. R. 1966. *The open society and its enemies*. Princeton University Press, Princeton (filth edition).
- Popper, K. R. 1974. *Objective knowledge, an evolutionary approach*. Clarendon press, Oxford. UK.
- Popper, K. R. , 1997. *Un mundo de propensiones*. Tecnos, Madrid.
- Popper, K. R. 1992. *Realism and the Aim of Science*. Routledge, London.
- Prigogine, I. 1997b. *¿Tan sólo una ilusión?* Cuarta edición. Tousquets Editores, Barcelona.
- Prigogine, I. 1997a. *El fin de las certidumbres*, Taurus. Madrid.
- Rapport, E. H. y J. A. Monjeau. 2001. Aerografía. . En: *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. EDS (J. Llorente y J. Morrone) Facultad de ciencias, UNAM, México, DF. Pp; 23-30.

- Real, R. y J. M. Ramírez. 1992. Fundamento filosófico de los objetivos y métodos de la biogeografía. *Monogr, Herpetol.*, 2: 21-30.
- Real, R., J. Olivero, J. C. Guerrero, J. M. Vargas y A. L. Márquez. Contrastación de hipótesis explicativas de la distribución de la diversidad específica de arañas (Arachnida, Aranea) en las Islas canarias. *Bol. S.E.A.* 26: 573-581.
- Reeve, H. K. y P. W. Sherman . 1996. Adaptations and the goals of evolutionary research. *Quart. Rev. Biol.* 68: 1-30.
- Rega, E., A. McFarlane, J. L. Lundberg y K. Christenson. 2001. A new megalonychid solth from the Late Wisconsinan of the Dominican Republic. *Carib. J. Sci.*, 38: 11-19.
- Reimer, N.J. 1994. Distribution and impact of alien ants in vulnerable Hawaiian ecosystems. En: *Exotic ants*. pp:11-22. Ed: D.F. Williams. West View Press. Boulder, Co. USA.
- Reimer, N.J. 1994. Distribution and impact of alien ants in vulnerable Hawaiian ecosystems. En: *Exotic ants*. pp:11-22. Ed: D.F. Williams. West View Press. Boulder, Co. USA.
- Richards, R. J. 1998. La estructura de la explicación narrativa en historia y biología. En: *Historia y explicación en Biología*. (Eds: S. Martínez y A. Barahour). UNAM, México. Pp: 212-246.
- Richardson, K., A. 2004. Systems theory and complexity. Part I. *E.C.O.*, 6: 75-79.
- Richardson, K., A. Mathies, P. Colliers. 2000. The theory and practice of complexity science. *SysteMexico*, 1: 1-37.
- Rield, R. 1998. Dealing with complex systems or how to decipher language and organisms. En: *Evolutionary Systems. Biological and epistemological perspectives on selection and self-organization*. G. Van de Vijver, S. N. Salthe y M. Delpos (Eds). Kluwer Academic Publishers, pp: 267-280.
- Rieppel, O. 2003. Popper and systematics. *Syst. Biol.*, 2: 259-270.
- Riera, E. C. 2005. *La complejidad: consideraciones epistemológicas y filosóficas*. Universidad Nacional de Santiago del Estero. República Argentina. 20th World congreso de phylosophy Logo.
- Rivera, M. C. y J. A. Lake. 2004. The ring of life provides evidence for a genome fusion origin of the eukaryotes. *Nature*, 431: 152-156.
- Roca, A. L., G. Kagila, E. Eizirik, K. M. Helgen, R. María, M. S. Springer, S. J. O'Brien y W. J. Murphy. 2004. Mesozoic origin for West Indies insectivores. *Nature*, 429: 649-651.
- Rocha, L. M. 1999. Syntactic autonomy or why there is no autonomy without symbols and how self-organization systems might evolve them. *Research Community of Evolution and Complexity & Washington Evolutionary Systems Society*. Edit: University of Ghent, Belgium, 3-5 May 1999.
- Rohde, R. A. y R. A. Muller. 2005. Cycles in fossil diversity. *Nature*, 434: 208-210.
- Roig-Juñen, S., J. V. Crisci, P. Posadas y S. Lagos. 2002. Áreas de distribución y de endemismo en zonas continentales. *Hacia un Proyecto CYTED para el inventario y estimación de la diversidad entomológica en Iberoamérica* PrIBES Vol 2 (Eds: C. Costa, S. A. Vanin, J. M. Lobo, A. Melic) pp: 247-266.

- Ronquist, F. 1997. Dispersal-vicariance analysis: a new approach to the quantification of historical biogeography. *Syst. Biol.*, 46: 195-203.
- Rosas-Valdez, R. y G. Pérez-Ponce de León. 2005. Biogeografía histórica de helmintos parásitos de ictalúridos de América del Norte: Una hipótesis preliminar utilizando el método panbiogeográfico. En: *Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines.*, pp: 217-226. (J. J. Morrone y J. Ilorente Eds). Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Rosen R. 1991. *Life itself*. Columbia University Press, New York.
- Rosen, B. R. 1988. Biogeographic patterns: a perceptual overview. En: *Analytical biogeography. an integrated approach to the study of animal and plant distribution.* (A. A. Millers y P. S. Gillers, eds.). pp: 23-56.
- Rosen, D. E. 1978. Vicariant patterns and historical explanations in biogeography. *Syst. Zool.*, 27: 159-178.
- Rosen, D. E. 1985. Geological hierarchies and biogeographic congruence in the Caribbean. *Ann. Mo. Bot. Gard.*, 72: 636-659.
- Rosenzweig, M. L. 1997. Tempo and mode of speciation. *Science*, 277: 1622-1623.
- Rosty, R. 1995. *La filosofía y el espejo de la naturaleza*. Tercera Edición. Ediciones Catedra. Madrid.
- Rozo, J. 1999. El sujeto en las ciencias sociales. En: *Visiones sobre la complejidad*. Editorial Kimpres, Ltda. Santafé de Bogotá, Colombia. Pp: 75-110.
- Ruiz, A. B. 1998. Humberto Maturana y su contribución a las ciencias de la complejidad. *Metapolítica*, 2: 691-707.
- Ruse, M. 2001. *The evolution wars*. A guide to the debates. Rutgers University Press. London.
- Ryan. F. 2002. *Darwin's blind spot. Evolution beyond Natural Selection*. Houghton Mifflin Company. New York.
- Sales, M. T. 2004. La evaluación de los aprendizajes desde una perspectiva de la complejidad. *Educación*, 111: 19-23.
- Salthe, S. N. 1985. *Evolving hierarchical systems*. New York. Columbia University Press.
- Salthe, S. N. 1996. *Development and evolution. Complexity and change in biology*. A Bradford Book. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England.
- Salthe, S. N. 1998. The role of natural selection theory in understanding evolutionary systems. En: *Evolutionary Systems. Biological and epistemological perspectives on selection and self-organization*. G. Van de Vijver, S. N. Salthe y M. Delpo (Eds). Kluwer Academic Publishers, Pp: 13-20.
- Samek, V. 1973. Regiones fitogeográficas de Cuba. *Acad. Cien. Cuba*, Ser. forest. 15:1-63.
- Sametband, M. J. 1999. *Entre el orden y el caos. La complejidad*. Fondo de Cultura Económica. México, DF.

- Samsónov, D. P. 2004. La ontología de la creación de Cornelius Castoriadis como teoría crítica de la complejidad. Ponencias del II Seminario Bial Internacional acerca de las Implicaciones Epistemológicas, Filosóficas y Metodológicas de la Teoría de la complejidad. Complejidad La habana, 2004, Palacio de las convenciones ISBN: 959712433-5.
- Schiermeier, Q. 2003. Palaeobiology: setting the record straight. *Nature*, 425: 482-484.
- Schifter, I. 1996. *La ciencia del caos*. Fondo de Cultura Económica. Carretera Picacho-Ajusco, 227. 142000. Mexico, DF.
- Scott, C. 2003. Patterns in nature. *Nat. Hist.*, 112: 34-41.
- Seberg, O. 1986. A critique of the theory and methods of panbiogeography. *Syst. Zool.*, 35: 369-380.
- Sharov, A.A. 1999. From cybernetics to semiotic in biology. *Semiotica*, 120: 403-419.
- Sharov, A. 1998. From cybernetics to semiotics in biology. *Semiotica*, 120: 403-419.
- Siddall, M. E. 2005. Bracing for another decade of deception: the promise of Secondary Brooks Parsimony Analysis, *Cladistics* 21: 9099.
- Silva, G. 1979. *Los murciélagos de Cuba*. Editorial Academia, La Habana.
- Silva, G., W. Suárez y S. Díaz. (en prensa). *Compendio de los mamíferos terrestres autóctonos de Cuba. Vivientes y extinguidos*.
- Sober, E. 1984. *The nature of selection. Evolutionary theory in philosophical focus*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Sober, E. 1988. The conceptual relationship of cladistic phylogenetics and vicariance biogeography. *Syst. Zool.*, 37: 245-253.
- Solé, R. 2005. Syntax for free? *Nature*, 434: 289.
- Sonea, S. y M. Panisset. 1983. *A new bacteriology*. Jones & Barlett. Boston, MA. USA.
- SOS. Self-organizing systems. 1999. <http://www.calresco.org/SOS/SOSfaq.htm>.
- Sotolongo, P. 2002b. Complexity and philosophy. (Summary of main ideas at the 1-st Havana Complexity Seminar, January 7^t-11th, 2002 . Ponencia en el Taller "Complexity and Philosophy" (Boston, USA, July 2002)
- Sotolongo, P. 2002a. Bioética y contemporaneidad. Acerca de algunos fundamentos cosmovisivos y epistemológicos de la bioética. En: *Bioética para la sustentabilidad*. (Ed. J. R. Acosta) Publicaciones Acuario. Centro Felix Varela. La Habana. Pp: 69-86.
- Spencer-Smith, D., L. D. Miller y J. Miller. 1994. *The butterflies of the West Indies and South Florida*. Oxford University Press.
- Stamos, D. N. 2002. Species, languages, and the horizontal/vertical distinction. *Biol. Phil.*, 17: 171-198.
- Stearns, S. C. 2003. Safeguards and spurs. *Nature*, 425: 501-503.
- Stein, L. D. 2004. End of the beginning. *Nature*, 915-916.
- Stenger, I. (2004) The challenge of complexity: unfolding the ethics of science in memoriam Ilya Prigogine. *ECO*, 6: 92-99.

Referencias

- Sterelny, K. 2001. *Dawkins vs Gould*. Icon Books, USA.
- Stocks, J. L. 1999. *El aristotelismo y su influencia*. www.elaleph.com
- Sulis, W.H. 2004. Archetypal dynamic system and semantic frames in vertical and horizontal emergences. *E.C.O.* 6(3): 52-64.
- Tait, E. M. 2000. Filosofía Crítica Trascendental. www.geocities.com/FilosofiaCT.
- Talanquer, V. 1996. *Fractus, fracta, fractal. Fractales, de laberintos y espejos*. Fondo de Cultura Económica Carretera Picacho-Ajusco 227; 14200 México,
- Tattersall, I. 2001. How we came to be human. *Scien. Amer.*, 285 (6): 57-63.
- Thom, R. 2000. Parábolas y catástrofes. Entrevista sobre matemática, ciencia y filosofía. Tusquets Editores. Barcelona.
- Thompson, W.I. 1992. Las implicaciones culturales de la nueva biología. En GAIA. Implicaciones de la Nueva Biología. (Ed: W. I. Thompson). Editorial Kairos, Barcelona. Pp: 11-34.
- Trask, R.L. 1996. *Historical linguistic*. New York, Oxford University Press.
- Valentine, J. M., A. G. Coillins y P. Meyer. 1994. Morphological complexity increase in metazoans. *Paleobiology*. 20: 131-142.
- Van de Vijver, G. 1998. Evolutionary systems and the four causes: a real Aristotelian story?. En: *Evolutionary Systems. Biological and epistemological perspectives on selection and self-organization*. G. Van de Vijver, S. N. Salthe y M. Delpo (Eds). Kluwer Academic Publishers, pp: 243-255.
- Van Regenmortel, M. H. V. 1997. Viral species. En: *Species: The units of biodiversity*. Pp: 17-25. Edit: M. F. Claridge. Chapman & Hall. New York.
- Van Veller, M. G. P., D. J. Kornet y M. Zandee. 2000. Methods in vicariance biogeography: assessment of the implementations of assumptions zero, 1 and 2. *Cladistics*, 16: 319-345.
- Van Veller, M. G. P., D. J. Kornet y M. Zandee. 2002. *A posteriori* and *a priori* methodologies for testing hypotheses of causal processes in vicariance biogeography. *Cladistics*, 18: 207-217.
- Van Veller, M. G. P., D. R. Brooks y M. Zandee. 2003. Cladistic and phylogenetic biogeography: the art and the science. *J. Biogeogr.* 30: 319-329.
- Van Veller, M. G. P., M. Zandee y D. J. Kornet. 2001. Measures for Obtaining Inclusive Sets of Area Cladograms under Assumptions Zero, 1, and 2 with Different Methods for Vicariance Biogeography. *Cladistics*, 17: 248-259.
- Van Veller, M. G. y D. R. Brooks. 2001. When simplicity is not parsimonious: *a priori* and *a posteriori* methods in historical biogeography. *J. Biogeogr.*, 28: 1-11.
- Van Welzen, P. C., H. Turner, P. Hovenkamp. 2003. Historical biogeography of Southeast Asia and the west Pacific, or the generality of unrooted area networks as historical biogeographic hypotheses. *J. Biogeogr.*, 30: 181-192.
- Vargas, J. M. 1993. Escuelas y tendencias en biogeografía histórica. *Monogr. Herpetol.*, 2: 107-136.
- Vermeij, G. J. 2005. From phenomenology to first principles: toward a theory of diversity. *Proc. California. Acad. Sci.*, Supplement 1: 12-23.

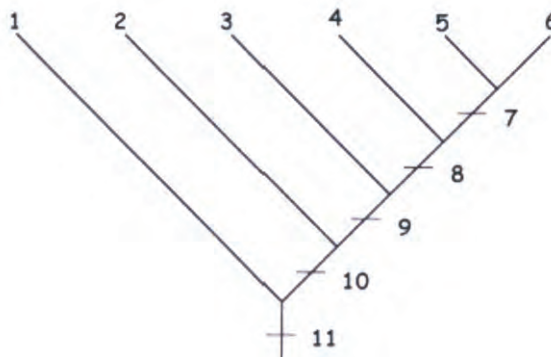
- Vernadski, V. 1926. *The biosphere*. Reprinted US edition by Syneurgetic Press, Cambridge, Massachusetts, 1986.
- Von Foerster, H. 1998. Por una nueva epistemología. *Metapolítica*, 2: 629-642.
- Wagensberg, J. 1998. *Ideas sobre la complejidad del mundo*. Editorial Tusquets. Barcelona.
- Wagensberg, J. 2000. Complexity versus uncertainty: the question of staying alive. *Biol. Phil.*, 15: 493-508.
- Wagner, G. P. 1989. The biological homology concept. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 20: 51-69.
- Wagner, W.L. y V.A. Funk. 1995. Hawaiian biogeography. Evolution on a hot spot archipelago. Smithsonian Institution Press.
- Wallace, A. R. 1876. *The geographical distribution of animals*. Vol II. Harper and Bros., New York.
- Warren, B. R. y B. I. Crother. 2001. Métodos en biogeografía cladística: el ejemplo del Caribe. En: *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. EDS (J. Llorente y J. Morrone) Facultad de ciencias, UNAM, México, DF. Pp: 233-243.
- Whitesite, J. M. y R. F. Ismagilov. 1999. Complexity in chemistry. *Science*,
- Wiens, J. A. 1989. *The ecology of birds communities, vol 2. Processes and variations*. cambridge University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Wiens, J. J., y B. D. Hollingsworth. 2000. War of the iguanas: Conflicting molecular and morphological phylogenies and long-branch attraction in Iguanid lizards. *Syst. Biol.*, 49: 143-159.
- Wilkins, J. 1997. Evolution and chance. Exploring the creation/evolution Controversy. Evolution and chance essays page.
- Wilkinson, D. M. 2001. Dispersal biogeography. *Encyclopedia of life science*. <http://www.els.net>.
- Wilkinson, D. M. 2003. Dispersal, cladistics and the nature of biogeography. *J. Biogeogr.*, 30: 1779-1780.
- Williams, E. E. 1989. Old problems and new opportunities in West Indian biogeography. En: *Biogeography of the West Indies*. (Ed. C. A. Woods) Sandhill Crane Press, Gainesville. pp: 1-46.
- Williamson, D.I. 1992. *Larvae and evolution: toward a new zoology*. Chapman and Hall. New York.
- Williamson, D. I. 2001. Larval transfer and the origin of larvae. *Zool. J. Linnean Soc.*, 131: 111-122.
- Wilson, B. E. 1995. A (not-so-radical) solution to the species problem. *Biol. Phil.*, 10: 339-356.
- Wilson, D. S. 1988. Holism and reductionism in evolutionary biology. *Oikos*, 53: 269-273.
- Wilson, E.O. 1998. *Consilience: the Unity of Knowledge*, New York: Alfred A. Knopf.
- Wilson. B. E. 1996. Changing conceptions of species. *Biol. Phil.*, 11: 405-420.

Referencias

- Wimsatt, W. 1980. Reductionistic research strategies and their biases in the units of selection controversy. En: *Conceptual issues in evolutionary biology*. MIT Press. E. Sober (Ed)
- Wimsatt, W. T. 1995. Lewontin's evidence (that there isn't any). En *Questions of evidence*. J. Chandler, A. Y.
- Wojcicki, M. y D. R. Brooks. 2005. PACT: an efficient and powerful algorithm for generating area cladograms. *J. Biogeogr.*, 32: 755-774.
- Woods C. A. y F. E. Sergile (eds). 2001. *Biogeography of the West Indies. Patterns and perspectives*. CRC Press.
- Yagil, G. 2000. Complexity and order in chemical and biological systems. En: *Unifying themes in complex systems*. Ed. (Yaneer Bar-Yam). Perseus Books, Cambridge, Massachusetts. pp: 645-653.
- Zimmer, C. 1999. *At the water's edge. Fish with fingers, whales with legs, and how life came ashore but then back to water*. A Touchstone Book, New York.
- Zimmer, C. 2000. *Parasite Rex*. Free Press. New York.
- Zunino, M. 2000. El concepto de área de distribución: algunas reflexiones teóricas. En: *Pribes 2000. Trabajos del 1^{er} Taller Iberoamericano de Entomología Sistemática*. J. J. Morrone y A. Melic (Eds). S.E.A. Vol. 1. Pp:79-85.
- Zunino, M. 2003. Nuevos conceptos en la biogeografía histórica: implicaciones teóricas y metodológicas. En: *Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía*. pp: 159-162. (J. J. Morrone y J. Ilorente Eds). Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Apéndice

Ejemplo de BPA secundario (Brooks *et al.*, 2001). La Figura representa un árbol filogenético para las especies hipotéticas 1-6. Los nodos internos del cladograma se asumen como antecesores hipotéticos y se numeran para proceder a su codificación.

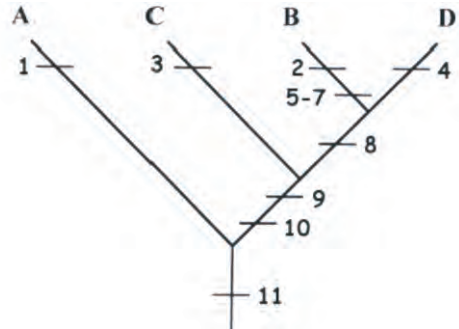


La Tabla 1 muestra la distribución de las especies en las áreas A-D y su codificación. Las áreas se codifican de acuerdo con la presencia (1) o ausencia (0) en ellas de especies o sus antecesores hipotéticos. Luego se realiza un análisis de parsimonia y se obtiene un cladograma de áreas.

Tabla 1

Áreas	Taxa	Codificación Binaria
A	1	10000000001
B	2,5,6	01001111111
C	3	00100000111
D	4	00010001111

En la siguiente Figura se observa que el área B contiene tres especies (2, 5, 7) que no descienden de un antecesor común inmediato, por lo que falsifican la hipótesis de la vicarianza.

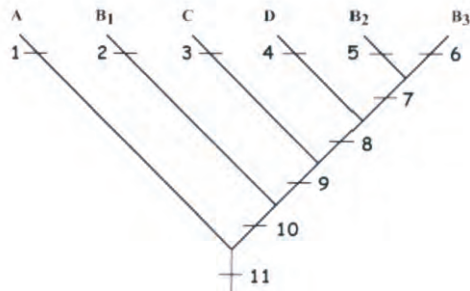


Así, se multiplica el área B para cada una de las especies 2, 5 y 7, y se construye una nueva matriz de distribución (Tabla 2).

Tabla 2

Áreas	Taxa	Código Binario
A	1	10000000001
B ₁	2	01000000011
C	3	00100000111
D	4	00010001111
B ₂	5	00001011111
B ₃	6	00000111111

Se realiza un nuevo análisis de parsimonia, el cual constituye el BPA secundario. Ahora, el área B₁ se encuentra en una posición relativamente basal, mientras que B₂ + B₃ son áreas hermanas en una posición relativamente derivada.



Brooks *et al.* (2001) concluyen que las especies 5 y 6 ocurren en el área B, porque su antecesor, la especie 7, que conecta las áreas $B_2 + B_3$, se dispersó desde el área D hacia la B, donde especió y dio origen a 5 y 6.

No obstante, es posible arribar a la misma conclusión analizando la filogenia y la distribución directamente. B es un área basal en el cladograma. Por lo tanto, lo más parsimonioso es asumir que el antecesor común de las especies 5 y 6, que descende de la especie 8, a su vez antecesor común de 4 y 7, se originó en el área D, desde donde se dispersó hacia la B, donde especieron 5 y 6. En sentido general, los ejemplos que hemos analizado de la aplicación del BPA secundario, incluyendo otros más complicados, permiten arribar a las mismas conclusiones sin necesidad de duplicar o multiplicar las áreas. Este procedimiento es factible cuando consideramos las relaciones primarias entre especies y áreas, e inferimos, a partir de estas evidencias, los eventos más racionales y constreñidos por el propio contexto relacional explicitado en la topología del cladograma.

