

Fitoácaros

exóticos y endémicos

de importancia agrícola en Cuba



PROYECTO PARA EL MANEJO
DE ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS
REDUCIENDO IMPACTOS



Edición y corrección: Dra. Dalia Maria Salabarría
Diseño de interior, cubierta y composición: Miguel Adrian Pino

Sobre la presente edición:

© Centro Nacional de Áreas Protegidas (CNAP) 2017

© Mayra Ramos Lima, Hector Rodríguez Morell . 2017

ISBN: 978-959-287-081-9

Centro Nacional de Áreas Protegidas (CNAP)
Calle 18A No. 4114 c/ 41 y 47, Playa, La Habana, Cuba
Tel: (53) 7 202 7970 Fax: (53)7 204 0798
cnap@snap.cu / www.snap.cu

Esta publicación expone los resultados obtenidos en el marco del Proyecto PNUD/GEF "Mejorando la prevención, control y manejo de Especies Exóticas Invasoras en ecosistemas vulnerables en Cuba" financiado por el Fondo de Medio Ambiente Mundial (FMAM), implementado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y ejecutado por el Centro Nacional de Áreas Protegidas (CNAP).

La información reflejada en este libro es solo responsabilidad de los autores y no representa, necesariamente, los puntos de vista del PNUD ni del Sistema de Naciones Unidas.

Fitoácaros exóticos y endémicos de importancia agrícola en Cuba

Mayra Ramos Lima. Facultad de Medio Ambiente. Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas (InSTEC), Ave Salvador Allende y Luaces, Plaza de la Revolución 10 600, La Habana, Cuba. mramos@instec.cu

Héctor Rodríguez Morell. Facultad de Agronomía. Universidad Agraria de La Habana, (UNAH) Mayabeque, Cuba
morell_66@unah.edu.cu

Prefacio

Para realizar cualquier investigación o análisis de riesgo de una especie exótica resulta imprescindible tener un conocimiento de la biodiversidad de las especies autóctonas en un país o localidad en específico y los ácaros, no son la excepción.

El desarrollo de la Acarología Agrícola en Cuba se produce a partir de 1959, con el triunfo de la Revolución Cubana y el consecuente impulso que este proceso social ha dado al desarrollo de todas las ramas de las ciencias. Es a partir de aquí, que se crean los centros de investigación y se apoya la ejecución de proyectos que han tenido como objetivos, entre otros, describir la acarofauna que habita en las plantas, independientemente de su importancia desde el punto de vista económico. Por tanto, la información que aquí se describe es posterior a 1959, ya que los informes antes de la fecha son particularmente escasos y algunos no se han podido recuperar.

Con la realización de estos proyectos se investigaron aspectos taxonómicos, biológicos, ecológicos, entre otros, encaminados sobre todo, a dar solución a los problemas fitosanitarios que provocaban especies de ácaros plaga en cultivos de valor económico para Cuba.

Almaguel (2007) en su escrito relacionado con este aspecto refiere que, el primer registro documentado de una especie de la Sub Clase Acari de importancia agrícola se encuentra en los documentos técnicos de la estación Experimental de Santiago de La Vegas, La Habana y data de 1918. Aquí se describe a *Hemitarsonemus latus* Banks (hoy *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) Beer y Nucifora, 1966) en cítricos. Posteriormente, Bruner et al. (1945) listaron dos especies más de Tarsonemidae, seis de Tetranychidae y otras de Eriophyidae. Estos son los únicos informes que se han podido recuperar antes de 1959. Este último documento fue revisado y completado en 1975 por la Academia de Ciencias de Cuba (ACC) en 1975.

Un salto significativo en el desarrollo de la Acarología se alcanzó con los trabajos de Livschitz y Salinas (1968), Pérez y Almaguel (1978) y Gómez et al. (1978). En este último, se registran 110 espe-

cies de fitoácaros en 255 plantas hospedantes, este listado contiene la mayoría de las especies que hoy pudieran ser consideradas “especies de fitoácaros autóctonas”. Otros fitoácaros han sido informados posteriormente, pero su registro se encuentra fundamentalmente en informes de resultados de investigación de instituciones que aún no han sido publicados, con excepción de la listas de ácaros de la familia Phytoseiidae (Ramos y Rodríguez, 2006) y el reporte de *Olygonychus grypus* en caña de azúcar (Ramos y Ramírez, 1987). Las especies no informadas en ninguna de estas variantes serán consideradas como exóticas, en este texto.

El presente libro tiene como objetivo incentivar el estudio de los fitoácaros de importancia agrícola en Cuba, exponer los aspectos más generales de las especies consideradas autóctonas, las exóticas, es decir que aún no han sido registradas y los principales resultados de investigación obtenidos con aquellas que han invadido nuestro ecosistema y sobre todo, servir como documento de consulta para estudiantes de pregrado y personas en general que se sientan motivadas por esta compleja pero importante fauna de artrópodos.

Contenido

Capítulo I	13
Aspectos generales de las Especies	13
Exóticas Invasoras	13
Capítulo II	31
Fitoácaros autóctonos de importancia agrícola para Cuba	31
II.1. Importancia de la Subclase Acari y caracteres morfológicos	32
Origen de la Subclase Acari	34
Breve historia de la Acarología	34
Filogenia de la Subclase Acari	36
Caracteres morfológicos	38
Tamaño, forma y coloración de los ácaros	38
Morfología externa	38
Gnatosoma y piezas bucales	39
Estructuras sensoriales	45
Morfología Interna	45
Sistema digestivo	45
Sistema respiratorio	49
Sistema excretor	49
Sistema circulatorio	50
Sistema nervioso	50
Sistema reproductor	50
Fertilización y determinación del sexo	54
Biología de la Subclase Acari	54
Oviposición	57
Efecto de los parámetros climáticos sobre la biología de los ácaros	57
Efecto del estado nutricional de la planta hospedante sobre los ácaros	59
Efecto económico de los daños provocados a las plantas por los ácaros	60
Ciclos estacionales	62
Métodos para estimar y evaluar las poblaciones de ácaros	63
Montaje de los ácaros para su identificación	64
Identificación taxonómica	66
Características de la Subclase Acari	67
Clasificación de las categorías superiores dentro de la Subclase Acari	67

II. 2. Especies fitófagas autóctonas de importancia agrícola para Cuba	69
Superorden Acariformes	69
Orden Trombidiformes (Van der Hammen, 1968).....	69
Familia Tarsonemidae Kramer, 1877	70
<i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks) (Ácaro blanco)	71
<i>Steneotarsonemus furcatus</i> De Leon.....	74
Importancia.	74
Superfamilia Tetranychoidae	74
Familia Tenuipalpidae.....	74
<i>Brevipalpus phoenicis</i> Geisjkes	76
<i>Brevipalpus californicus</i> (Banks).....	76
Familia Tetranychidae (Donnadieu, 1875).....	79
Subfamilia Tetranychinae Berlese	81
<i>Panonychus citri</i> (McGregor) (Ácaro rojo de los cítricos).....	82
<i>Eutetranychus banksi</i> (McGregor) (Acaro de Texas)	84
<i>Mononychellus caribbeanae</i> (McGregor).....	85
<i>Tetranychus urticae</i> (Koch) (Acaro de las dos manchas)	86
<i>Tetranychus tumidus</i> Banks	89
<i>Tetranychus cinnabarinus</i> (Boisduval).....	91
<i>Tetranychus ludeni</i> Zacher	92
<i>Tetranychus mexicanus</i> (Mc Gregor).....	94
<i>Tetranychus marianae</i> Mc Gregor.....	95
<i>Oligonychus punicae</i> (Hirts).....	95
<i>Oligonychus yothersi</i> McGregor.....	98
Superfamilia Eriophyoidea	99
Familia Eriophyiidae.....	99
<i>Phyllocoptruta oleivora</i> (Ashmead)	101
(Acaro tostador de los cítricos o del moho).....	101
<i>Aceria guerreronis</i> (Keifer) (Ácaro del cocotero).....	104
<i>Eriophyes sheldoni</i> (Ewing)	106
(Ácaro de las yemas del limonero)	106
<i>Aculops lycopersici</i> (Masee)	107
(Acaro del bronceado del tomate).....	107
<i>Eriophyes tulipae</i> Keifer (Eriófido de los bulbos).	109
<i>Eriophyes mangiferae</i> Sayed (=Aceria mangiferae Sayed)	111
Orden Sarcoptiformes	112
Cohorte Astigmatina	112
Superfamilia Acaroidea	113
Familia Acaridae	116
<i>Acarus siro</i> (Linneus, 1758).....	117
<i>Tyrophagus putrescentiae</i> Schrank	118

Caloglyphus berlesei Michael.....	120
Rhizoglyphus equinopus (Fomouze y Robin).....	122
Familia Glycyphagidae	124
Glycyphagus domesticus (De Geer)	124
II. 3. Especies depredadoras autóctonas de importancia agrícola para Cuba	126
Superorden Parasitiformes	126
Orden Mesostigmata	126
Familia Laelapidae (Berlese, 1892).....	127
Familia Phytoseiidae (Berlese, 1916)	128
Biología de los ácaros fitoseidos.....	132
Perspectivas del uso del control biológico con ácaros depredadores: métodos de cría.....	136
Método en placas Petri (Fig. 2.61).....	137
Método de plantas vivas (Fig. 2.62).....	137
Método en placas	138
Método en bandejas (Fig. 2.63)	138
Controles de calidad de las crías.....	139
Evaluación de la efectividad biológica	141
CAPÍTULO III.	149
Especies cuarentenadas de importancia agrícola para Cuba	149
Familia Tetranychidae.....	149
Subfamilia Bryobiinae (Berlese, 1913).....	149
Bryobia praetiosa Koch.....	150
Subfamilia Tetranychinae Berlese	152
Oligonychus coffeae (Nietner).....	152
Tetranychus pacificus McGregor	154
Distribución. Canadá, Estados Unidos de América y México....	155
Tetranychus evansi Baker y Pritchard	155
Mononychellus tanajoa (Bondar).....	157
Familia Tarsonemidae.....	159
Phytonemus pallidus (Banks) (Acaro de la fresa).....	159
Familia Tenuipalpidae.....	163
Brevipalpus lewisi Mc Gregor.....	163
Oligonychus perseae Tuttle, Baker y Abbatiello.....	164
Oligonychus mcgregory Baker y Pritchard.....	165
Oligonychus gossipii Zacher.....	166
Panonychus ulmi Koch (Ácaro rojo de los frutales).....	166
Brevipalpus chilensis Baker.....	168
CAPÍTULO IV.	171
Especies de ácaros exóticos invasores introducidos y estrategias de	

investigación para la mitigación de sus impactos.....	171
Ácaro del arroz: <i>Steneotarsonemus spinki</i>	171
(Smiley) (Acari: Tarsonemidae).....	171
Ácaro rojo de las palmáceas <i>Raoeilla indica</i> Hirst	189
(Acari: Tenuipalpidae)	189
Bibliografía Consultada	245

Capítulo I

Aspectos generales de las Especies Exóticas Invasoras

La diversidad biológica de países, regiones y ecosistemas está constituida en primer lugar por las especies nativas, evolucionadas, residentes en el área por miles de años y adaptadas en las condiciones existentes. Además, pueden estar presentes especies exóticas, procedentes de otras áreas, de corta o larga permanencia en su nuevo entorno. Una parte de ellas proviene de la dispersión natural, definida como el movimiento o la distancia desde el lugar de origen del organismo hasta su lugar de reproducción, según el comportamiento y movilidad o los mecanismos de dispersión de semillas, en el caso de las plantas.

El comercio internacional ha capacitado a la sociedad moderna para beneficiar a una impredecible cantidad de especies. La agricultura, la pesca, la industria maderera, el comercio de mascotas, la horticultura y muchos consumidores de materiales diversos dependen de las especies que se importen desde otros lugares del mundo. Debido a esto, la vida de las personas ha sido enriquecida grandemente en la medida en que ha ganado acceso a una mayor diversidad biológica en el mundo. La expansión global del comercio provee oportunidades excepcionales para ese enriquecimiento y a la vez impone nuevas especies (exóticas) sobre los ecosistemas.

Un punto de vista importante a tener en cuenta es si estas especies exóticas establecidas pueden tener un efecto positivo o negativo para la biodiversidad autóctona. Las especies exóticas pueden ser benéficas para una parte del ecosistema o región geográfica o tener un efecto negativo en otra parte o región. El mayor desafío es identificar cuando su influencia sobre los ecosistemas es portadora de cambios que son hostiles a la Biodiversidad, a la economía o a otros aspectos del bienestar humano. Entonces, ¿sobre qué bases se deben hacer los intercambios en el comercio de especies, si algunas son beneficiosas y otras dañinas?

Las especies exóticas que comienzan a establecerse en el nuevo ambiente, proliferan y se expanden de forma que son destructivas al ecosistema nativo, a la salud humana y ya por último al estatus humano, son conocidas como Especies Exóticas Invasoras (EEI). Las especies exóticas invasoras son ahora reconocidas como uno

de los mayores riesgos biológicos en el desempeño de la ecología y economía del planeta. Una planta o animal transportado desde el ecosistema donde ocurre naturalmente puede multiplicarse incontroladamente, segregar a las especies nativas en el ecosistema invadido, afectar a la agricultura, poner en riesgo la salud humana o crear otros, y a menudo irreversibles, problemas. Características de las especies exóticas:

- Incluye a virus, hongos, algas, moluscos, plantas superiores, invertebrados, peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos.
- Pueden poner en riesgo a especies nativas de su mismo grupo taxonómico.
- Pueden tener un efecto de cascada sobre la trama trófica. Pueden transformar la estructura y composición de especies en el ecosistema.
- Son reconocidas como uno de los mayores riesgos biológicos: pueden segregar a las especies nativas y crear graves problemas.

En la actualidad, la mayor parte del ingreso de especies exóticas resulta de introducciones intencionales o accidentales por parte del hombre. Se plantea que cada especie exótica que empieza a establecerse altera la composición de las comunidades biológicas nativas en alguna medida; si comienza a ser invasora (y por lo tanto, dañina) dependerá de las características particulares de las especies en sí, de la vulnerabilidad del ecosistema huésped y de las posibilidades reales. La característica del establecimiento y dispersión de una especie exótica no necesariamente expresa con claridad sobre su impacto potencial económico y ecológico, por lo que es imprescindible realizar estudios biológicos in situ, para conocer sus potencialidades reales en el nuevo hábitat.

De forma general, las especies exóticas invasoras ponen en riesgo especies nativas de su mismo grupo taxonómico y a la vez, pueden también tener un efecto de cascada sobre las aves insectívoras y sobre las plantas que dependen de las mismas para la polinización o dispersión de semillas. Las especies invasoras pueden transformar la estructura y composición de especies de los ecosistemas, reprimiendo o excluyendo las especies nativas, ya sea directamente por competencia por los recursos o indirectamente, cambiando la naturaleza de los nutrientes que son reciclados en el sistema.

Cada nación sobre la tierra posee complejos y costosos problemas por la introducción de especies invasoras. Por ejemplo, en los últimos años, especies de ácaros, catalogados como exóticas e invasoras han arribado a los países de la región, como por ejemplo *Stenotarsonemus spinki* Smiley en arroz o *Raoiella indica* Hirst, en palmáceas y musáceas, con las consecuentes pérdidas económicas. Señalar el problema de las EEI es urgente, debido a que el riesgo está creciendo diariamente y los impactos ecológicos y económicos son severos. La primera parte del problema está señalada, el costo de las acciones efectivas, está por verse.

El costo económico directo de las especies exóticas invasoras se estima en 10 billones de dólares anualmente: las plantas espontáneas reducen las cosechas, incrementan el costo del control y disminuyen la disponibilidad de agua degradando las áreas de desagüe y el agua dulce de los ecosistemas. Los turistas y empresas privadas inconscientemente introducen plantas invasoras en parques nacionales, donde ellas degradan a ecosistemas protegidos e incrementan el costo del control de plagas. La descarga de las aguas de lastre introduce daños severos a los organismos acuáticos, en lo que se incluyen enfermedades bacterianas y virus en sistemas marinos y de agua dulce, afectando comercialmente a los peces de importancia económica. El VIH, una enfermedad relativamente reciente y muy distribuida, cobra millones de vidas humanas cada año, con profundas implicaciones económicas y sociales. Cada especie necesita ser tratada mediante procedimientos de manejo como si fuera potencialmente una especie exótica invasora, a menos que evidencias convincentes (y científicas) demuestren lo contrario.

Las introducciones con propósitos ornamentales son a menudo requeridas por los consumidores, sobre todo por su baja percepción del riesgo. En el pasado, cuando los colonizadores europeos se establecían, acostumbraban a trasladar sus familias, animales y plantas. Algunas de estos actos fueron quijotescos: más del 70 % de las malezas invasoras de Nueva Zelanda fueron introducidas como plantas ornamentales. Otro ejemplo lo constituye la introducción del marabú (*Dystristachis cinnerea* L.). Durante los tiempos de la colonia en Cuba, como planta ornamental, siendo considerada actualmente como una de las malezas más tenaces y de difícil control.

El crecimiento de las economías hace que las demandas de los consumidores sean cada vez más exigentes, incluyendo el uso de la INTERNET para importar especies exóticas con ningún o casi ningún temor que se conviertan en invasoras. Otro aspecto interesante es la marcada tendencia actual a la introducción de agentes de control biológico, sin previo análisis de riesgo, sin tener en cuenta si desplazarán a otros controladores biológicos que regulan fitófagos que no están declarados como plagas. Al estar catalogados como organismos benéficos, se presupone que pueden ser introducidos libremente. La responsabilidad de estos hechos aún no recae en nadie en particular.

Otro aspecto importante a considerar es la relación del impacto del cambio climático con el incremento de las especies exóticas invasoras. La comunidad científica acepta actualmente que los cambios climáticos globales son una realidad y que esta puede tener muchos impactos biológicos. Esto puede incluir alteraciones en la distribución de las especies y cambios en su abundancia dentro de las distribuciones existentes resultando de impactos fisiológicos directos sobre especies individuales, cambios en los factores abióticos, cambios en las oportunidades para la reproducción y relaciones alteradas entre las especies. Las especies invasoras pueden encontrar que los cambios en el clima producen condiciones conducentes a su establecimiento y dispersión, también cambios en la disponibilidad de climas locales para especies nativas y la naturaleza de la interacción entre comunidades nativas.

A través de estos efectos, los cambios climáticos pueden afectar el origen y los destinos de muchas especies, haciendo de esto un problema global. Los aspectos climáticos y los factores bióticos limitan la distribución geográfica de las especies y determinan su estacionalidad para el crecimiento y la supervivencia. Como los cambios climáticos, los patrones de producción y de comercio en la agricultura son posibles de cambiar de la misma forma que los cultivos de climas tropicales se adaptan a otras latitudes. El número de especies invasoras que pueden contaminar a esos cultivos también puede incrementarse.

La vegetación que está estresada por un cambio climático puede ser más susceptible a los daños de plagas en sentido general, disminuyendo su poder competitivo. El mayor impacto del cambio climático sobre las especies invasoras puede alcanzar cambios en la frecuencia

e intensidad de eventos climáticos extremos que impacten en el ecosistema, haciéndolo más susceptible a las invasiones, también provee oportunidades excepcionales para la dispersión y crecimiento de las especies invasoras.

Debido a la incertidumbre ecológica y a las imperfecciones del mercado, el riesgo de nuevas introducciones nace en el país receptor sobre la base de la cantidad y efectividad de los recursos empleados y la no adopción de las políticas necesarias. Sin embargo, la respuesta de manejo a los problemas creados por EEI ha comenzado a ser una preocupación para muchos gobiernos.

Las dos formas de introducción más amplias de especies potencialmente invasoras (intencionales y no intencionales) pueden requerir de respuestas muy diferentes. Con la introducción intencional se necesita de una cuarentena efectiva y de la evaluación del impacto, mientras que la invasión no intencional puede requerir de nuevas medidas como un monitoreo efectivo, fumigación y otras. Las especies invasoras demandan de un tipo especial de manejo de riesgo, ya que el nivel de riesgo tiende al incrementarse cuando la respuesta de manejo declina.

La erradicación o control de estos individuos invasores o poblaciones no puede ser a través de un ataque a las especies en total, esto merita medidas de conservación en su hábitat natural, ya que el impacto por la introducción de especies exóticas invasoras es inmenso, dañino y a menudo irreversible.

Las especies exóticas tienen un tiempo de establecimiento – adaptación a las condiciones del ecosistema invadido, pero raramente se realizan estudios en esta etapa, ya que si la especie es regulada naturalmente desde su llegada pasa inadvertida y si, por el contrario, provoca daños económicos al estatus humano, sólo se presta atención cuando los daños son evidentes y considerables, por lo que estas investigaciones son particularmente escasas. En el caso de los ácaros que afectan a los cultivos esto sucede con determinada frecuencia: los agricultores solo detectan una nueva plaga cuando las pérdidas en las cosechas tienen implicaciones económicas importantes y ya los daños son irreversibles.

Los estudios de la duración del desarrollo, parámetros reproductivos y su relación con los factores bióticos y abióticos son elementos de

base fundamentales en el conocimiento de una especie y consecuentemente en la toma de decisiones para su control. Se ha significado que uno de los elementos básicos a evaluar en especies de ácaros informados como especies exóticas, es el estudio de su biología (en sentido amplio) en el país donde ha sido introducido

No obstante, con sólo estos datos no es suficiente, sobre todo cuando se está en presencia de especies exóticas, las que regularmente “viajan” sin sus enemigos naturales. Son necesarias también pruebas de control con los productos químicos o biológicos disponibles, como alternativa, de manera que se pueda dar una solución inmediata en caso que se manifieste una situación fitosanitaria, de determinada complejidad con ese organismo. Además, la ejecución oportuna de un grupo de estudios posibilitaría evaluar el periodo de establecimiento – adaptación, del cual existen pocas evidencias para el caso de las especies exóticas en general.

Numerosos instrumentos internacionales han sido desarrollados para pactar como mínimo algunos aspectos del problema de las EEI. El más antiguo es la Convención Internacional de Protección de Plantas (CIPP) de 1952, la cual se aplica primariamente a plagas de plantas y está basada sobre un sistema de certificación fitosanitaria y acuerdos en las diferentes regiones. El más completo es la Convención sobre Diversidad Biológica (CDB) de 1992, la cual llama a sus partes (178 gobiernos en el 2000) a “prevenir la introducción, control o erradicación de estas especies exóticas, las cuales ponen en riesgo ecosistemas, hábitat o especies” (Artículo 8 h).

El CBD ha definido el enfoque por ecosistemas para enfrentar lo relativo a las especies exóticas. Este enfoque ecosistémico es una estrategia para un manejo integrado de las tierras, el agua y los recursos biológicos dentro de una unidad ecológica determinada, que fomenta la conservación y el uso sostenible de forma equitativa, basada en la aplicación de los métodos científicos pertinentes, este posee 12 principios adoptados por la 5ª Conferencia de las Partes, son complementarios y están relacionados entre sí:

1. Los objetivos de manejo de las tierras, del agua y de los recursos biológicos son objeto de una decisión y opciones de la sociedad.
2. El manejo debería descentralizarse al nivel adecuado inferior.
3. Los encargados del manejo de los ecosistemas deberían tener en cuenta los efectos (reales o potenciales) de sus actividades sobre

- los ecosistemas adyacentes y otros ecosistemas.
4. Reconociendo las ventajas potenciales del manejo, se plantea generalmente la necesidad de conocer y manejar el ecosistema en un contexto económico. Todo programa de manejo del ecosistema debería: **(a)** reducir las distorsiones del mercado que afecten negativamente a la diversidad biológica, **(b)** armonizar los incentivos encaminados a promover la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad, **(c)** integrar el cálculo de costes y beneficios en el ecosistema en cuestión en toda la medida de lo posible.
 5. La conservación del funcionamiento y la estructura del ecosistema, con el fin de mantener los servicios que brinda el ecosistema, debería constituir un objetivo prioritario del enfoque ecosistémico.
 6. Los ecosistemas deben ser manejados dentro de los límites de su funcionamiento.
 7. El enfoque ecosistémico deberá emprenderse a las escalas temporales y espaciales adecuadas,
 8. Dada la variabilidad de las escalas temporales aplicables y los desfases temporales que caracterizan a los procesos de los ecosistemas, deberán fijarse objetivos a largo plazo para el manejo de los ecosistemas.
 9. Los encargados del manejo deben reconocer que el cambio es inevitable.
 10. El enfoque ecosistémico deberá buscar el equilibrio adecuado entre la conservación y el uso de la diversidad biológica, así como la integración de ambos.
 11. El enfoque ecosistémico deberá tomar en cuenta todas las formas de información, incluyendo los conocimientos locales, indígenas y científicos, las prácticas y la innovación.
 12. El enfoque ecosistémico deberá involucrar a todos los sectores de la sociedad y todas las disciplinas.

La evidencia del impacto de las especies exóticas invasoras en sistemas ecológicos y económicos sugiere que estos instrumentos internacionales no han sido suficientes para resolver el problema. Peor aún, la expansión del comercio internacional está moviendo más organismos muy rápido alrededor del mundo, incrementando los riesgos a los ecosistemas nativos y disminuyendo potencialmente los esfuerzos gubernamentales para prevenir invasiones no deseadas. En respuesta a esto, la comunidad científica representada por

ICSU-SCOPE DIVERSITAS, CABI, IUCN y UNEP estableció en 1997 el Programa Global de especies invasoras (GISP, siglas en inglés).

El objetivo del GISP es usar prácticas disponibles para el control de las EEI y diseminar la información para servir a la meta más alta que es “conservar la Biodiversidad global y mitigar los problemas causados por organismos invasores a escala mundial”, a la vez reconoce que este proceso se llevará a cabo en un ecosistema dinámico, no estático y que no hay intención (ni es posible) de “congelar” ningún ecosistema en particular en un imaginario estado prístino, si no que se requiere de un manejo de los efectos humanos sobre ese ecosistema en los momentos en que estos efectos se incrementan. Esta estrategia es producto de la Fase I del GISP, designada para definir el problema, describir sus dimensiones, discutir sus implicaciones, identificar aquellos sectores que deben estar involucrados en la acción, hacer sugerencias para el manejo y recomendar las estrategias apropiadas a las agencias responsables, ya que el problema de las especies exóticas invasoras requiere de una respuesta urgente. La visión deberá ser global, ya que los costos pueden ser enormes, en términos ecológicos y económicos.

Los marcos legales son esenciales para dar soporte para el manejo de las EEI, trabajados tanto a nivel nacional como internacional. El GISP ha previsto una guía para designar marcos legales e institucionales sobre las especies exóticas invasoras, con el objetivo de proveer una herramienta esencial en este sentido. Cualquier marco legal a nivel nacional necesita incluir medidas adecuadas para mitigar el impacto de una EEI, un desafío que enfrenta numerosas aristas.

La clasificación de “invasora” está completamente separada de los límites administrativos o jurisdiccionales. Si una especie exótica es invasora, no permanecerá dentro de los límites del ecosistema, municipalidad o región en la cual fue introducida. Una consecuencia para el sistema legal es que las restricciones sitio-específicas (por ejemplo, una prohibición sobre introducción de especies exóticas en áreas protegidas) nunca puede ser más que una estrategia parcial para prevenir o mitigar el impacto de la invasión. Sin embargo, es necesaria la colaboración entre países con vistas a mitigar los impactos de las las EEI.

Los principios legales son básicos para proceder frente a las EEI, estos debe estar basados fundamentalmente en:

- **Prevención:** la protección del ambiente se alcanza mejor previniendo los daños ambientales que remediando o compensando los daños.
- **Sistema de Permisos o Licencias:** sistema que proporciona un marco legal dentro del cual la introducción de una especie exótica puede ser evaluada y se produce una decisión documentada antes de autorizar una importación o liberación intencional.
- **Principio del pago por contaminación:** la persona natural o legal que sea responsable de introducir especies exóticas invasoras deberá sufragar los costos de las medidas de prevención y control.
- **Participación pública y acceso a la información:** Los procedimientos de planificación y decisión sobre una especie exótica son complejos y requieren que estén involucrados todos los sectores, a todos los niveles.
- **Proceso de análisis de riesgo:** Los riesgos relevantes asociados a una propuesta de introducción tienen que ser identificados: evaluaciones de impacto ambiental como análisis de riesgo deberán ser investigados antes de decidir si se autoriza o no una introducción.

El GISP señala diez estrategias para considerar en el problema de las EEI:

- **Estrategia 1.** Crear capacidades para enfrentar el problema de las EEI. Aún con una bien diseñada legislación, política e información plena, el problema de las EEI será enfrentado exitosamente sólo si la capacidad nacional ha sido desarrollada para hacerlo, y debido a que el problema es global e involucra virtualmente a todas las naciones, es necesaria una vigorosa respuesta internacional para crear y manejar. La capacidad es, consecuentemente, de la más alta prioridad.
- **Estrategia 2.** Crear capacidad de investigación. El trabajo realizado por el Programa Global de Especies Exóticas en su Fase 1 reveló que el conocimiento acerca de las mismas es insuficiente e incapaz de hacer una evaluación de riesgos exacta, así como definir una respuesta de manejo efectiva. La investigación en los diferentes aspectos de las EEI requiere una prioridad en la política gubernamental debido a que el problema es esencialmente un

asunto global e intergubernamental, precisando de una cerrada colaboración entre todos los países para enfrentar el problema con eficiencia.

- **Estrategia 3.** Desarrollar políticas económicas y herramientas. Claramente, todas las invasiones son consecuencias de la conducta económica y tiene a su vez impactos económicos. Virtualmente los aspectos de manejo de una EEI que incluyen prevención, mitigación y adaptación, tienen una dimensión económica importante. Por lo tanto, la economía tiene que ser el centro de cualquier esfuerzo para solucionar el problema de una EEI.
- **Estrategia 4.** Fortalecer los marcos legales nacionales, regionales, internacionales e institucionales. Pocos países han desarrollado un sistema legal e institucional coherente que sea capaz de responder efectivamente a los actuales flujos de mercancías, visitantes y especies exóticas. Aquí deberán ser consideradas las medidas sanitarias, fitosanitarias y de control de la transportación internacional, establecimiento de la propiedad de los recursos naturales, mecanismos de compensación y estructuras financieras para incentivar o no la respuesta deseada, entre otros.
- **Estrategia 5.** Institucionalizar un sistema de evaluación de impacto ambiental y análisis de riesgos. Los procedimientos de evaluación de impacto ambiental y análisis de riesgos ya han sido adoptados en muchos países. El desafío es aplicar ambos internacionalmente y nacionalmente por lo menos al problema de las introducciones intencionales de especies exóticas que se vuelven invasoras. Deberá proveer evidencias conclusivas sobre la seguridad de las especies antes que sean introducidas, empleando un acertado análisis de riesgo.
- **Estrategia 6.** Crear conocimiento público del problema. Muchos ciudadanos, sectores clave y los gobiernos tienen un conocimiento pobre de la magnitud y costo económico del problema, como consecuencia, las respuestas son a retazos, demoradas e inefectivas. Por lo que se debe poner en lugares apropiados la información suficiente, que describa en términos simples y directos, todo lo concerniente a las EEI y porqué estas deben ser manejadas, así como asegurar que las personas tengan conocimiento de la magnitud de los costos, sobre la base que estos son incalculables y a menudo irreversibles.
- **Estrategia 7.** Promover la distribución de información acerca de las EEI. Considerable información sobre especies exóticas está disponible. El Programa Global sobre Especies Invasoras ha identificado cerca de 120 fuentes de información a las que

se puede acceder electrónicamente. Aun así, la información que podría alertar a las agencias encargadas del manejo del peligro potencial de nuevas introducciones no es conocida o no está ampliamente distribuida o disponible en formatos apropiados, que pudieran capacitar a los países para tomar acciones inmediatas, asumiendo que tengan los recursos, infraestructura necesaria, responsabilidad y entrenamiento para hacerlo. La distribución de la información requiere por tanto, una mayor atención y debe estar dirigida principalmente a:

1. Crear sistemas de monitoreo que permita a los científicos “tomar el pulso” de los cambios regionales de la biodiversidad, de manera que tengan comprensión del flujo de especies exóticas y puedan detectar con suficiente tiempo su posible introducción, y así facilitar su control
 2. Facilitar talleres sobre la biología y manejo de las EEI o grupos afines.
 3. Establecimiento de un centro de bases de datos sobre éxitos y fracasos de métodos de control y erradicación para garantizar que se pueda aprender de otras experiencias y establecer bases de datos que interrelacionen naciones, taxónomos, biogeógrafos, herbólogos asociados con centros de investigación de excelencia, que posean grandes colecciones de referencia y extensas bibliotecas.
- **Estrategia 8.** Crear respuestas a las especies exóticas invasoras dentro de otros sectores relevantes. El problema de las EEI no debe ser simplemente adjudicado al Ministerio encargado del medio ambiente, más bien, se debe ampliar a través de muchos sectores. Una consideración exitosa de este asunto requerirá de una colaboración efectiva entre todas las instituciones. Elementos estratégicos como Salud Pública, los sectores militares, silvicultura, agricultura, acuicultura, industria naval, turismo, flora y fauna, entre otros, deberán promover la cooperación dentro del país y entre países.
 - **Estrategia 9.** Crear capacidad dentro del Programa de Cambios Globales. Los humanos corrientemente están cambiando el planeta de forma impredecible, particularmente modifican la composición de la atmósfera y transforman el ecosistema, utilizan y alteran la composición del agua dulce, la del mar, entre otros recursos naturales. Una componente importante en estos cambios globales es el movimiento de especies alrededor del mundo deliberadamente o no intencional. Acoplado a esto, se incremen-

tan las oportunidades para que estas especies puedan invadir ecosistemas modificados y entonces la composición de los taxa nativos puede variar drásticamente. Debido a que las especies invasoras tienen el potencial para tener impactos significativos en sistemas naturales y manejados, las especies invasoras en sí mismas constituyen un elemento importante en el cambio global. En respuesta, se deben establecer programas de monitoreo para conocer las tendencias climáticas, sus consecuencias ecológicas y ajustar esto con el uso de la modelación, para asegurar que las medidas de manejo adoptadas serán las más adecuadas y evaluar el impacto potencial de las EEI, sobre la proyección de los probables cambios en el clima y uso de la tierra.

- **Estrategia 10.** Promover la cooperación internacional para la toma de acuerdos. Las invasiones biológicas involucran dos o más países, con la acción de que uno afecta el bienestar del otro. Similarmente, dado que los costos generalmente son asumidos por más de un país, la solución requiere de la cooperación internacional. Por lo que acuerdos internacionales deberán ser firmados para desarrollar herramientas eficientes y mecanismos para la erradicación y control de las especies invasoras. Elementos como un vocabulario internacional acordado y adoptado facilitará la comunicación. Una terminología acordada y estándares deberán ser usados para implementar las legislaciones y regulaciones.

Un aspecto importante es la evaluación del impacto de las especies exóticas en el medio ambiente. El objetivo específico de es la evaluación del impacto de las especies exóticas en el medio ambiente está dirigido fundamentalmente a

- la reducción o eliminación de especies nativas, en vías de extinción (o amenazadas)
- la reducción o eliminación de una especie clave
- la reducción o eliminación de especies que constituyan un componente importante del ecosistema
- la desestabilización del ecosistema causado por un cambio en la biodiversidad de las especies
- el impacto de los programas de control, erradicación o manejo que fueran necesarios si se introdujera una organismo cuarentenado

Esta evaluación se hace necesaria al considerar las inquietudes de la ciudadanía y de las partes interesadas (responde a la creciente inquietud de las partes interesadas de grupos tanto de la industria como del medio ambiente) y al aumento del comercio y la mundialización (no sólo el aumento en el comercio y en viajes de personas sino también la naturaleza de un comercio tan diversificado y mundial han resultado en la misma medida en aumentos en la variedad y frecuencia de los problemas de la introducción de especies exóticas, tanto los registros de interceptaciones de organismos exóticos plagas como la cantidad de campañas de erradicación apuntan hacia un fenómeno que está todavía por terminar).

La evaluación del impacto de las especies exóticas en el medio ambiente tendrá como herramienta fundamental el análisis de riesgo, el que se define como un proceso de evaluación de los testimonios biológicos, científicos y económicos para determinar si una especie califica como exótica invasora y la intensidad de cualesquiera medidas que han de adoptarse para combatirla, es un proceso de varias etapas que comprende la identificación/caracterización de un peligro o factor de riesgo, la evaluación de la probabilidad de la presencia, la evaluación de los impactos asociados con ese peligro, la evaluación de las medidas de mitigación (manejo de riesgo) y la comunicación de los riesgos.

La etapa de evaluación es la que a menudo está asociada con el mayor aporte científico o técnico. Para evaluar el riesgo, primero hay que caracterizarlo, lo cual, para este propósito suele consistir en un trabajo taxonómico. Esta etapa se debe concentrar en determinar la especie y en algunos casos los biotipos, las razas, los cultivares o las subespecies. Luego, determinar la probabilidad de que en realidad se presente el riesgo. Como ejemplo, podríamos hablar de la probabilidad de que una plaga determinada colonice una nueva área, si se efectúa un análisis estadístico o probabilístico.

Una vez determinada la probabilidad, se procede a determinar los efectos adversos que pueda resultar del peligro en caso de presentarse (esto es, qué pasaría si se estableciera la especie exótica), esto implicaría que la presencia de la especie, ante la falta de medidas de control resultaría en pérdidas de económicas o en efectos ambientales.

La etapa siguiente es el manejo del riesgo, etapa durante la cual se analizan todas las posibles alternativas para reducir una población a un nivel tal, que minimice a un nivel aceptable la probabilidad de entrada y colonización. La última etapa consiste en comunicar los resultados en términos que sean claros para todas las partes interesadas. Es una etapa crítica, puesto que garantiza que todas las partes comprendan las bases científicas y reglamentarias de las recomendaciones. Cabe anotar que este listado secuencial de etapas no supone una cronología. La comunicación del riesgo, en particular, debe hacerse desde el comienzo del proceso.

El propósito de la etapa inicial consiste en identificar la o las especies y las vías que suscitan inquietud de carácter "exótica invasoras" y que deben ser consideradas para el análisis de riesgo.

El proceso del ARP puede iniciarse a raíz de:

- la identificación de una vía que presenta un peligro potencial
- la identificación de una especie que puede requerir medidas específicas
- el examen o la revisión de políticas o prioridades

Si se constata la presencia de la especie exótica, pero su distribución es limitada en el área, dicha especie deberá ponerse bajo control oficial o hacerlo en un futuro cercano. Vale señalar que el control oficial de especies exóticas que presentan un peligro ambiental puede involucrar a varios órganos competentes.

La probabilidad de establecimiento para especies importadas intencionalmente, el término "establecimiento" atañe el establecimiento en un hábitat no predeterminado. El hecho que una especie planta introducida intencionalmente se mantenga en su hábitat predeterminado, probablemente en cantidades considerables y durante un período indeterminado, aumenta la probabilidad de establecimiento en un hábitat no predeterminado. Los factores ambientales críticos (alteración, receptividad del ecosistema) pueden cambiar con el tiempo y con ello aumentar la probabilidad de establecimiento.

Se debe considerar la probabilidad de diseminación después del establecimiento, aunque es posible que no se manifieste en el caso de especies importadas intencionalmente, la diseminación incumbe el

hábitat no predeterminado y que no manifiesten efectos significativos inmediatamente, y que en particular, no se diseminen. Dicha posibilidad deberá considerarse cuando se evalúe la probabilidad de diseminación, con base en la evidencia de su comportamiento.

Con el fin de determinar la posible importancia económica de una especie exótica deberá obtenerse información de las áreas en donde existan dichas especies de forma natural o en donde haya sido introducida. Es conveniente tener en cuenta casos concretos relacionados con especies comparables y podrán considerarse los efectos directos o indirectos. Es necesario, en particular, contar con evidencia específica de efectos ambientales directos e indirectos.

Efectos directos de las especies exóticas plagas:

- daños directos a la salud humana o al estatus humano
- daños a los animales de importancia económica y para la biodiversidad
- pérdidas de cultivos, en producción y calidad
- factores bióticos (p. ej. adaptabilidad y virulencia de la especie) que influyen en los daños y las pérdidas
- factores abióticos (p. ej. clima) que influyen en los daños y las pérdidas
- tasa de diseminación
- tasa de reproducción
- medidas de control (incluidas las medidas existentes), su eficacia y su costo
- efectos sobre las prácticas de producción vigentes
- efectos sobre el medio ambiente
- reducción de especies clave (especies que tienen un impacto desproporcionado con
- relación a su biomasa en la estructura o procesos del ecosistema); impactos sobre especies que sean componentes fundamentales de ecosistemas (en cuanto a abundancia o tamaño)
- impactos sobre especies en vías de extinción (incluso los efectos a nivel de subespecie en donde exista evidencia de que tales efectos sean significativos)
- reducción o eliminación de otras especies nativas
- efectos significativos en áreas designadas como sensibles desde el punto de vista del medio ambiente

La evaluación del área potencialmente en peligro también debe estar relacionada con estos efectos.

Efectos indirectos de las especies exóticas invasoras, esto precisará la participación de otros organismos/autoridades y podrá tenerse en cuenta lo siguiente:

- efectos sobre los mercados internos y de exportación, en particular los efectos sobre el acceso a los mercados de exportación
- cambios en el costo para los productores o en la demanda de insumos, incluyendo costos de control
- cambios en la demanda interna o externa de consumo de un producto como resultado de variaciones en la calidad
- efectos ambientales y de otro tipo no deseados de las medidas de control viabilidad y costo de la erradicación o contención
- capacidad para actuar como vector de otras plagas
- recursos necesarios para investigaciones y consultas complementarias
- efectos sociales y de otro tipo (p. ej. sobre el turismo).
- cambio significativo en los procesos ecológicos y en la estructura o dinámica de los ecosistemas
- efectos en el uso por parte del hombre (agua limpia, turismo, pastoreo, caza, pesca, etc.)
- costo de la restauración ambiental
- efectos en la salud humana y animal (toxicidad, alergenidad).

Análisis de las consecuencias económicas

En la práctica las consecuencias económicas por la introducción de especies exóticas se manifiestan con el tiempo, y pueden suscitar preocupación durante un año, varios años o un período indeterminado. Se deberán tomar en cuenta varios escenarios. Las consecuencias económicas totales durante más de un año pueden expresarse como valor neto actual de las consecuencias económicas anuales, seleccionándose para calcularlo un tipo de descuento apropiado.

Otros escenarios podrían ser si la especie está presente en un solo punto, en algunos o diversos puntos y que la manifestación de las consecuencias económicas potenciales dependerá del tipo y de la forma de diseminación. Se puede prever si el tipo de diseminación será lento o rápido; en ciertos casos, cabe suponer que es posible evitar la diseminación. Puede utilizarse un análisis apropiado para estimar las consecuencias económicas potenciales durante el período de

tiempo en que una especie exótica se propaga por el área. Además, es de prever que muchos de los factores o efectos antes examinados cambiarán en el curso del tiempo, con los efectos consiguientes para las consecuencias económicas potenciales. Será necesario recurrir a la opinión y las estimaciones de expertos.

Existen técnicas analíticas que pueden utilizarse en consulta con los expertos en economía para llevar a cabo un análisis más detallado de los posibles efectos económicos de una especie exótica. Esas técnicas deberán tener en cuenta todos los efectos que se han identificado. Entre ellas podrían incluirse las siguientes:

- **presupuestación parcial:** esta técnica será adecuada si los efectos económicos inducidos por la acción de la especie sobre los beneficios de los productores se limitan por lo general a los productores y se consideran relativamente secundarios.
 - **equilibrio parcial:** esta técnica se recomienda si, con arreglo a lo establecido en el punto los beneficios o la demanda de consumo sufren cambios considerables. Es necesario un análisis del equilibrio parcial para medir los cambios en el bienestar o los cambios netos como consecuencia de los efectos de la especie sobre productores y consumidores.
 - **equilibrio general:** si los cambios económicos son considerables para la economía nacional y podrían ocasionar cambios en factores como por ejemplo los salarios, las tasas de interés o los tipos de cambio, podría utilizarse un análisis del equilibrio general para establecer toda la gama de efectos económicos.
- El uso de técnicas analíticas a menudo está limitado por la falta de datos, por incertidumbres en cuanto a los datos y por el hecho de que sólo puede facilitarse información cualitativa con respecto a ciertos efectos.

Algunos de los efectos directos e indirectos de una especie exótica determinados serán de carácter económico o afectarán a algún tipo de valor, pero no existe para ellos un mercado que pueda identificarse fácilmente. En consecuencia, no es posible medir de manera apropiada los efectos en lo que concierne a los precios en los mercados establecidos de productos o servicios.

Entre los ejemplos cabe mencionar, en particular, los efectos ambientales (como por ejemplo estabilidad de los ecosistemas, biodiversidad, valor recreativo) y los efectos sociales (como por ejemplo empleo, turismo). Estos efectos pueden calcularse de manera apro-

ximada con un método apropiado de valoración no relacionado con el mercado.

Si no es posible una medición cuantitativa de esas consecuencias, puede facilitarse información cualitativa al respecto. También deberá proporcionarse una explicación del modo en que se ha incorporado esa información en las decisiones.

Cuando sea oportuno, el resultado de la evaluación de las consecuencias económicas deberá expresarse en función de su valor monetario. También se podrán expresar las consecuencias económicas cualitativamente o utilizando indicadores cuantitativos que no incluyan términos monetarios. Deberán especificarse claramente las fuentes de información, las hipótesis y los métodos de análisis.

El control o erradicación de un EEI no es el objetivo de un manejo en si mismo, sino un medio para alcanzar un objetivo superior, que es la conservación de la Diversidad Biológica, la protección a la sanidad vegetal y la prevención de las pérdidas económicas. Los elementos de este objetivo deben incluir la restauración del hábitat, la preservación del ecosistema, reinstalación de la tasa de sucesión natural y establecimiento del uso sostenible de los servicios del ecosistema para las personas.

Ningún criterio ha sido acordado para estimar un mínimo de daño, diseminación o tamaño de población, que puedan indicar cuando una especie es considerada invasora. Sin embargo, está claro que muy pocos individuos representados por una fracción de la variación genética de las especies en el rango nativo pueden ser suficientes para generar a través de su reproducción y diseminación, daños ambientales masivos en el nuevo ecosistema.

Capítulo II

Fitoácaros autóctonos de importancia agrícola para Cuba

Los ácaros comprenden un gran grupo de Arthropoda, perteneciente a la Sub Clase *Acari* incluidos a su vez en la Clase *Arachnida*. Ellos están relacionados con los insectos en la misma proporción en que las aves se relacionan con los mamíferos y son fácilmente distinguibles por la presencia de cuatro pares de patas en vez de seis, en el estado adulto. Como grupo, muestran una considerable variación en su estructura externa e interna, en el hábitat y en los modos de vida de manera que una definición que satisfaga todos estos elementos es difícil de encontrar. Aparte de su pequeñísima talla, su característica más sobresaliente es la reducción en la segmentación, lo cual es muy típico en los artrópodos. En la Subclase *Acari* se incluyen los ácaros y las garrapatas, los cuales constituyen una parte importante de los artrópodos de la Clase *Arachnida*, a la cual también pertenecen los escorpiones y las arañas.

Los ácaros tienen una amplia distribución y en este aspecto rivalizan con los insectos en cuanto a la extensión de su hábitat. Pueden vivir en aguas dulces y saladas, en detritus orgánico de cualquier tipo, sobre plantas y animal y constituyen uno de los grupos taxonómicos dominantes en pastos y suelos arados. Algunas especies viven en cuevas y otras en aguas termales. Su asociación con otros animales incluye comensalismo, depredación y parasitismo.

Los ácaros pueden causar serios daños en la ganadería, los cultivos agrícolas, a las plantas ornamentales y los productos almacenados. Pueden provocar enfermedades y la muerte al hombre. Otras especies pueden ser depredadoras, parásitas o saprofitas destruyendo animales o sus productos y afectan así también al hombre y sus posesiones. El significado de los ácaros para el hombre cubre todas las fases de su vida.

Sin embargo, el interés de esta monografía está en enfatizar la importancia de los ácaros desde el punto de vista agrícola. En el caso de los cultivos, la significación de los ácaros como plaga ha aumentado a partir de la tecnificación de la producción agrícola, la cual incluye el empleo de productos químicos como insecticidas y fungicidas, muchos de ellos con muy poco o ningún poder acaricida, lo cual pueden facilitar indirectamente el desarrollo de niveles poblacionales elevados de fitoácaros, alcanzando el estatus de plaga. Se han informado reducción de cosechas hasta el 80% a causa de ácaros fitófagos, lo cual da una medida de su significación agrícola.

II.1. Importancia de la Subclase Acari y caracteres morfológicos

A pesar de su gran abundancia y amplia distribución, los ácaros son poco conocidos por el hombre, debido a su pequeño tamaño. Sin embargo, algunas especies como las garrapatas y los aradores de la sarna son conocidos desde hace mucho tiempo por su gran tamaño y las molestias que causan a los animales domésticos y al hombre.

Para su observación en vivo o debidamente preservados, se emplean lentes de mano de 10 hasta 20 aumentos, microscopios de disección u ópticos de alta resolución, pues para observar algunas de sus estructuras es necesario emplear hasta 1000 aumentos.

Los ácaros han sido conocidos por el hombre desde tiempos lejanos, sin embargo, la Acarología como una rama científica dentro de la Zoología es realmente reciente. Puede decirse que sus fundamentos como ciencia aparecieron en el siglo XX paralelamente a los trabajos de revisión general de las diferentes especies desde el punto de vista taxonómico y la aparición de los primeros libros que tratan de ordenar y presentar el conocimiento existente bajo una visión de grupo y en forma sistematizada.

En las últimas décadas, a partir de los años 50', se ha reconocido una mayor importancia a estos artrópodos al estudiar su papel; por una parte, las especies que causan problemas sanitarios al hombre y a los animales domésticos y, por otra parte como plagas agrícolas de gran importancia.

Por su naturaleza animal, los ácaros poseen una gran capacidad de adaptación que les permite vivir en hábitats más variados, desde condiciones polares hasta las más tropicales del planeta, en los desiertos, aguas de los ríos, lagunas, fuentes termales y las profundidades marinas.

Como ectoparásitos de animales vertebrados son muy frecuentes en las plumas de las aves, en el pelaje de los mamíferos, sobre reptiles y a menudo están asociados a insectos. También es posible verlos como endoparásitos, viviendo en las vías respiratorias, barrenando bajo la piel y en los órganos internos de diferentes animales. Los ácaros de vida libre son muy abundantes en medios ricos en materia orgánica, en los árboles, en el suelo y en ambientes húmedos.

En cuanto a su manejo para fines de estudio es necesario recurrir a las técnicas usadas en la Entomología y la Zoología, además de aquellas desarrolladas especialmente para ser aplicadas a los ácaros. Esto es una consecuencia de su pequeña talla pues resultan, en general, muy pequeños para ser manipulados como los insectos y muy grandes para ser tratados como protozoos.

Aunque solo una relativamente pequeña fracción de la fauna total de ácaros se conoce, la Acarología ha contribuido significativamente al desarrollo de las Ciencias Biológicas. La demostración de que la garrapata de la oveja era el vector para la Fiebre de Texas en ovejas fue la primera demostración científica de que un artrópodo podía ser vector de una enfermedad. El conocimiento de la Subclase ha contribuido notablemente al desarrollo de las Ciencias del Suelo. La pequeña talla y hábitos terrestres han hecho que los ácaros sean excelentes indicadores para los estudios de balance hídrico y de características específicas del suelo. Los ácaros también constituyen excelentes modelos experimentales para los estudios de dinámica de población.

Aunque muchas especies de ácaros son dañinas, otras son benéficas al hombre. En el suelo determinados grupos aceleran la degradación de la materia orgánica, otros constituyen importantes enemigos naturales de especies plagas. Sin embargo, la función biológica de la gran mayoría de la especies es aún desconocida.

El nivel del conocimiento de la distribución de los ácaros coincide más bien con la distribución de interesados y bien entrenados

acarólogos que con la distribución real que estos deben tener. La distribución, taxonomía y biología de ácaros eriofídeos es casi nula en muchas partes del mundo. Estos ácaros que poseen el cuerpo vermiforme, donde la especie de mayor talla tiene 250 micrones, tiene la característica que en algunas especies, la hembra difiere en apariencia en el verano con relación al invierno, de manera tal que la misma especie posee caracteres diferentes en dependencia de si ha sido recolectada en una época o en otra. El estudio de ciclos de vida complicados de algunas especies implica el análisis de otros aspectos bioecológicos. El descubrimiento de nuevas tecnologías como la biología molecular, el microscopio electrónico de barrido, entre otras, han ayudado grandemente en el estudio de los ácaros.

La habilidad de muchos tetraniquidos para adaptarse a nuevos ambientes y los agrotóxicos presentes son un desafío para los genetistas, especialmente porque estos ácaros tienen pocos cromosomas y poseen reproducción arrenotóquica. Los estudios fisiológicos de los ácaros, particularmente de los eriofídeos, prácticamente no existen. La naturaleza de las toxinas o sustancias de crecimiento que los ácaros inyectan en las plantas necesitan investigación. Se espera que en la medida en que muchas de estas interrogantes puedan responderse, se irán abriendo otras como ha pasado en otras ramas de la ciencia.

Origen de la Subclase Acari. Breve historia de la Acarología.

La palabra “acarus” proviene del griego “acari”. Linnaeus publica en 1750 su *Sistema Naturae* que incluye 29 especies agrupadas bajo el género *Acarus* y se estima que para esa época solo se conocían 90 especies.

Con relación al desarrollo de la taxonomía de estos artrópodos se pueden resumir algunos hechos de importancia, los que se relacionan a continuación:

- W.E. Leach. (en) 1815 fijó las características del Orden Acarina, hoy Subclase Acari.
- Kramer. (en) 1877, llamó la atención sobre la importancia de los estigmas en la fijación de los Subórdenes, base de la Clasificación moderna.
- A. Berlese y A.C. Oudemans entre 1902-1906 ordenaron el sistema de clasificación.

- A.C. Oudemans. (en) 1926-1937 hicieron un resumen de todas la información en el *Kritish Histirish Overziccht der Acarologia*, constituyendo una fuente importante de información sobre las primeras publicaciones referente a los ácaros.

A partir de estos hechos, la primera publicación importante sobre Acarología la hicieron E. Baker y G.W. Wharton “An introduction to Acarology”. La misma incluye los conocimientos sistemáticos y es presentado como libro de texto. Luego, Baker et al. (año), publican “Guide to the families of mites” la cual es básicamente un libro auxiliar de laboratorio con claves para la determinación.

Posteriormente, en 1970 se publica “A Manual of Acarology” (G.W. Krantz) el cual presenta la unificación de una serie de tendencias sobre la organización de las categorías superiores, permitiendo hablar de una Escuela europea y una americana. Krantz introduce ciertos cambios que son rápidamente aceptados en forma generalizada y lo más importante es que coloca a los ácaros en la categoría de Subclase. En 1978, el mismo autor en la 2da edición del libro presenta una nueva ubicación taxónomicapara la Subclase *Acari*, integrada por dos Órdenes y siete Subórdenes y propone algunas modificaciones en los nombres de las categorías.

Uno de los problemas que se contemplan en la bibliografía acarológica es la elevada diversidad de artículos y opiniones relacionados con la materia, los que además están dispersos. Así es que en 1959 aparece de forma regular la revista *Acarologia*, publicada en París y en 1975 se inicia la publicación de *International Journal of Acarology*.

Es importante señalar que en 1962, se realizó en Ithaca, New York, el primer Simposio sobre Acarología. Los trabajos presentados se publicaron en “Recent Advances in Acarology” editado en 1963. Este evento puede considerarse preparatorio del primer Congreso de Acarología celebrado en Colorado, USA en 1963. A partir de esa fecha se realiza un nuevo Congreso cada cuatro años y las memorias siempre son publicadas en la publicación “Recent Advances in Acarology”, antes mencionada.

Otro hecho importante es la creación en 1981 de la “Acarology Society of America”, la cual pretende agrupar a los acarólogos de todos los países americanos. Recientemente, en 1998, fue creada la Socie-

dad Latinoamericana de Acarología. En 1992, Evans presentó el libro “Principles in Acarology”, en el cual se retoma una clasificación de los grupos superiores con algunos arreglos.

En los últimos años, los trabajos sobre ácaros han abordado los estudios sobre sistemática, biología, dinámica poblacional y el control biológico. En el último Congreso, celebrado en el 2014 se presentaron además resultados de estudios moleculares, Acarología forense y talleres específicos sobre los impactos de ácaros exóticos invasores en Europa y en América, lo que demuestra la importancia y actualidad del tema.

Filogenia de la Subclase Acari

En un insecto, el cuerpo está dividido en tres partes principales: una cabeza compuesta por seis segmentos fusionados, un tórax trisegmentado en el cual se insertan seis apéndices locomotores y también las alas y un abdomen cuya segmentación es claramente visible. En un ácaro, sin embargo, los límites entre cabeza, tórax y abdomen no pueden ser determinados y en la gran mayoría de los casos, pequeñas trazas de segmentación son visibles, ya sea en el transcurso del desarrollo o en el estado adulto. Esta pérdida de la segmentación convierte a los ácaros en formas altamente especializadas de Arthropoda y en miembros de un grupo que ha divergido de la línea principal de evolución en períodos tempranos de la historia evolutiva del Phylum.

Las delicadas y pequeñas estructuras de los ácaros son las responsables de la carencia de restos fósiles. Se conoce que los ácaros comúnmente no son encontrados como fósiles, pero han sido registrados desde los períodos Devónicos, Carbonífero y Terciario. Todas las familias principales están representadas en el período Terciario. La mayoría de las especies encontradas en ámbar poseen rasgos que demuestran su parentesco con los géneros modernos.

La forma más ancestral es la especie *Protacarus crani* Hirst encontrada en arena de piedra del Devónico, la cual parece estar demasiado especializada para ser un ancestro común.

A pesar que los ácaros y las garrapatas no se parecen a otros arácnidos en apariencia, se ha demostrado que existen rasgos fundamentales en la morfología interna y externa, como los quelíceros, los pedi-

palpos y la presencia de cuatro pares de patas, lo que hace concluir que aunque ninguna conexión se pueda hacer a partir de los registros fósiles, la presencia de los quelíceros y otros rasgos indican que *Acari* probablemente tiene su origen en un ancestro parecido a un Opilionido desarrollado, pero con particularidades específicas. Los grupos perdieron las trazas de segmentación, cambiaron los apéndices y comprimieron los neurómeros. Posiblemente los Opilioacáridos primitivos son intermedios entre Opiliones y Mesostigmatas o están muy relacionados con un hipotético “promesostigmátido”. Sin embargo Opilioacaridae y Holothyroidea podrían ser también grupos independientes. Esta teoría, que defiende el origen a partir del Opilionido es monofilética.

La escuela polifilética plantea que hay tres caracteres que se consideran diagnósticos: el gnatosoma, la fusión de los segmentos (cuyos límites no se pueden discernir) y la presencia de la larva hexápoda (Tabla 2.1).

Tabla 2.1. Caracteres ancestrales utilizados para la taxonomía de los ácaros.

Caracteres	Acariformes	Parasitiformes
Rudimento de la pata IV	No se forma	Se forma
Larva	Primaria	Secundaria
Prelarva	Se forma	No se forma
Presencia actinoquitina	Si	No
Imago verdadero	No existe	Bien delimitado y diferenciado

Se plantea que con el curso de la evolución los ácaros disminuyeron su tamaño, lo que les permitió conquistar nuevos hábitats. Esta reducción redujo el celoma, a su vez la circulación, el papel del vaso dorsal y de los tubos de Malpighi y otros sistemas de órganos compensaron la reducción o pérdida por lo que se plantea un incremento de la función excretora del sistema digestivo. Esto se presentó primero en Parasitiformes, después en Sarcoptiformes y luego en Acariformes y se ha señalado que son diferentes etapas de un mismo proceso.

Caracteres morfológicos

Los ácaros constituyen un grupo relativamente homogéneo desde el punto de vista anatómico, pero dotados de una gran diversidad biológica. Si hubiera que dar una definición que abarcara la mayor parte de las especies podría decirse que son animales de pequeño tamaño que ingieren sus alimentos por medio de quelíceros, que tienen el cuerpo carente de segmentación, del que sobresalen seis pares de apéndices, dos anteriores con función sensorial y alimenticia y cuatro posteriores con función locomotora.

Tamaño, forma y coloración de los ácaros

La cubierta del exoesqueleto relaciona la pérdida de agua y la penetración de acaricidas, de ahí su importancia. Esta se inicia con un tejido indiferenciado cubierto por una capa fina de cuticulina (mezcla de cera) que forma la cutícula y separa a la capa más profunda (la epidermis) por una capa muy fina granular y pobremente definida, la capa de Schmidt. La epicutícula y la exocutícula son placas ligeramente esclerotizadas. La cuticulina puede contener una serie de microporos los que se conectan con los canales del poro. Estos canales parecen elevarse de las células epidérmicas y pasan a través de las capas endocuticulares y exocuticulares. Una posible función del canal del poro puede ser transportar la secreción epidérmica hacia la cuticulina, donde esa secreción forma una cubierta de cera protectora. Esta cubierta y el cemento ofrecen protección contra la excesiva pérdida del agua del cuerpo.

Otros poros, en número menor, están diseminados por el cuerpo y los apéndices. Estas estructuras también pueden tener una función secretora, pueden ser redondas, elípticas o liriformes y a menudo están localizados dorsalmente. Los poros liriformes se encuentran en la parte ventral y los apéndices, fundamentalmente.

Mucha de la belleza en la estructura externa de los ácaros está en la ornamentación del exoesqueleto. Pueden ser setas, poros, canales, pliegues. Los pigmentos están en las capas del exoesqueleto.

Morfología externa

El cuerpo típico de un ácaro se puede separar bien en una parte anterior llamada gnatosoma y una parte posterior, el idiosoma. El idiosoma comprende el propodosoma (donde se localizan el primer y segundo par de patas), el metapodosoma (tercero y cuarto par de

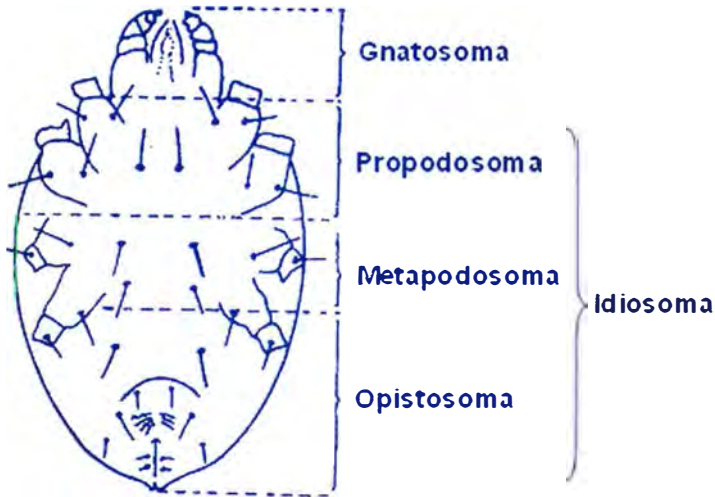


Figura 2.1. Divisiones del cuerpo de un ácaro (Tomado de Flechtmann, 1989).

patas) y el opistosoma, parte final del cuerpo que no tiene patas. El cuerpo se caracteriza por la ausencia de segmentación externa, solo en algunos grupos se aprecia un surco disyugal que divide el prosoma (desde el gnatosoma hasta el cuarto par de patas) del opistosoma (Fig. 2.1).

Gnatosoma y piezas bucales

El prosoma consta de siete segmentos, los cuales no son visibles externamente, cada uno de ellos lleva un par de apéndices, excepto el primero. Los apéndices del segundo segmento forman los quelíceros, auténticas piezas bucales de los ácaros encargados de tomar el alimento y llevarlo al tubo digestivo.

El gnatosoma se parece a la cabeza de los insectos, aunque solo las piezas bucales están insertadas en él. En los ácaros, el gnatosoma está ligado al idiosoma por una membrana artrodial que permite su movimiento. Esta resulta de la fusión, de al menos, tres segmentos que comprenden dos terguitos, dos esternitos y sus apéndices. El cerebro está en el idiosoma y los ojos están dorsales o dorsolaterales sobre el propodosoma.

Por encima de la cavidad bucal están los quelíceros (un par), los cuales generalmente son trisegmentados. Los quelíceros y los pe-

dipalpos constituyen los órganos para adquirir los alimentos. Los mismos varían en su estructura pero nunca son primariamente sensoriales. Generalmente, el tercer segmento terminal de los quelíceros está modificado en un dígito móvil el cual queda opuesto a la porción distal fija del segundo segmento. Estos dígitos opuestos o quela son edentados o con dientes para agarrar. Los quelíceros pueden ser acortados o elongados en algunos grupos parásitos, de este modo sirven como órganos para penetrar.

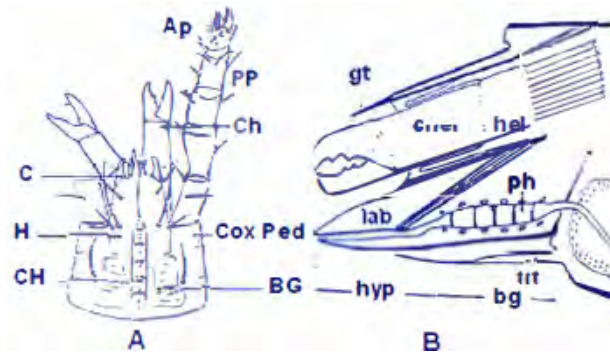


Figura 2.2. Aspecto ventral del gnatosoma de un gamasido dotado de quelíceros de tipo quelado-dentado (A). Corte transversal del mismo gnatosoma (B). Leyenda: Ap, apotele; C, corniculus; Ch (chel), quelíceros; CH, canal del hipostoma; Cox Ped, cadera del alpo; H (hyp), hipostoma; PP, palpos; Bg (b.g) base del gnatosoma; g.t, tectum; lab., labro; ph, faringe; trt, tritosterno (Tomado de García-Mari et al., 1994).

La reducción del dígito fijo es común en depredadores y fitófagos (Fig. 2.2).

Acompañando esta reducción está el desarrollo del dígito móvil en una estructura estiletiforme para penetrar. En Actinedida los quelíceros pasan por esta modificación profunda en las que los segmentos basales se funden en una estructura bulbosa y móvil llamada estilóforo. Los dígitos móviles de los quelíceros se transforman en un par de estiletes elongados, insertados en el estilóforo. Los dos estiletes se alojan en un surco ubicado en la cara dorsal del rostrum. Una sección transversal de los estiletes muestra que son subcirculares y macizos. El estilóforo está provisto de músculos y su movimiento es de penetración-retracción de los estiletes, también ayudan al surco peritremal para controlar la pérdida de agua (Fig. 2.3).

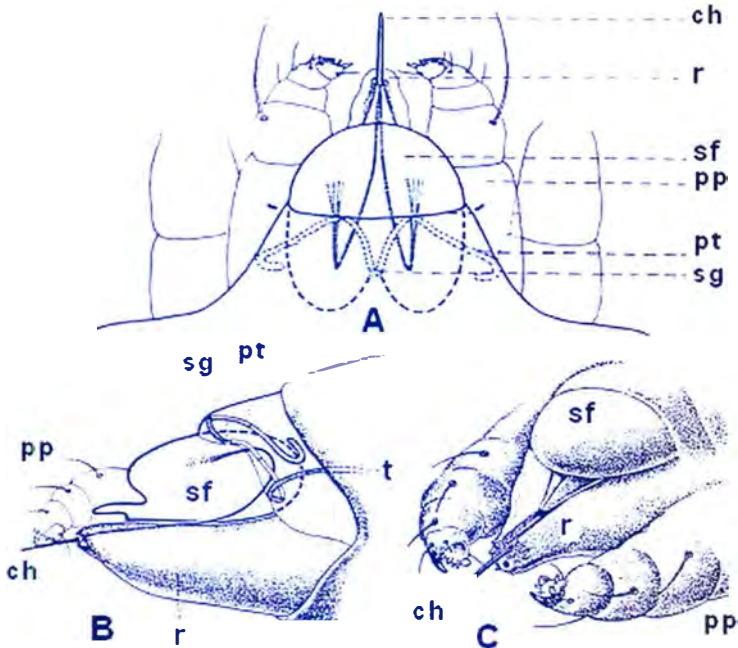


Figura 2.3. Gnatosoma de un ácaro tetraniquido mostrando sus quelíceros estiletiformes en vista dorsal (A), transversal (B) y frontal (C). Leyenda: ch, quelíceros o estiletos; pp, palpos; pt, peritrema; r, rostrum; sf, estilóforo; sg, estigma; t, traquea (Tomado de García-Marí et al., 1994).

El segmento basal, más grueso, posee un grupo de músculos que están ligados y empotrados en el mismo estilóforo. El segmento distal, más fino, cuyo origen está dirigido caudalmente, pero se curva hacia abajo y hacia delante se aproxima al ápice del rostrum.

Los dos estiletos ajustan dentro de una placa en forma de V, en una ranura sobre la superficie dorsal del rostrum. Esta ranura corre a lo largo del rostrum y sirve para ayudarlo a mantener los estiletos alineados durante la alimentación. Los estiletos tienen un largo promedio de 130 micrones.

La posición de las piezas bucales en forma cónica está usualmente cubriendo el rostrum. Esta estructura representa a las maxilas fusionadas. Cuando se alimenta el ácaro se coloca de manera tal que hace un ángulo de 60° con la superficie foliar. En estas condiciones se apoya sobre el rostrum y el primer y segundo par de patas, mientras

que el tercer y cuarto par de patas permanecen en el aire. Esta posición parece que proporciona confort al ácaro para, en conjunto con el movimiento, facilitar la penetración de los estiletes en el tejido foliar.

Los estiletes penetran varias células. Cuando el ácaro se alimenta de una hoja cuyo parénquima lagunar es delgado, pica las células del parénquima de empalizada también. Debido a la turgencia de las células parte de su contenido sale al exterior, los bordes del rostrum “labios” se ajustan bien a la superficie vegetal formando una estructura semejante a una ventosa que permite la succión del contenido celular con auxilio del vacío producido por la faringe. El alimento del ácaro lo constituye el contenido de las células o citoplasma. Los cloroplastos de las células afectadas desaparecen y el material remanente se coagula formando una masa blanquecina a un costado de la célula.

Grandes poblaciones de ácaros fitófagos determinan que aparezcan clorosis, las áreas afectadas se muestran inicialmente blanquecinas, después se secan y adquieren aspecto bronceado, semejantes a hojas secas.

Considerando las características de las piezas bucales en general y los ambulacros, por solo mencionar algunas estructuras, se puede aseverar que estas se han modificado según el hábitat de las especies. Los quelíceros estiletiformes solo pueden pinchar provocando la ruptura de los tejidos y por tanto son característicos de los fitoácaros; mientras que, los quelíceros quelados son útiles para cortar y desgarrar, como se presentan en los ácaros depredadores. También las modificaciones de los ambulacros permiten que los animales puedan moverse solo en las superficies para las que están adaptados y no en otras. Estas modificaciones limitan que se ocupen nichos impropios.

Los apéndices del tercer segmento lo constituyen los pedipalpos, situados a ambos lados o inmediatamente detrás de la boca. Los mismos tienen función sensorial por lo que en algunos casos poseen quimiorreceptores o pelos thigmotróficos que ayudan a localizar el alimento. A menudo están modificados para agarrar o como órganos prensiles, similar a las mandíbulas de los insectos depredadores. Estos pedipalpos o simplemente palpos, como también se les puede llamar, son útiles en la manipulación y en la ingestión de los alimentos.

Los cuatro últimos segmentos del prosoma tienen apéndices locomotores que permite el desplazamiento del animal sobre el sustrato. En algunos casos, el primer par de patas tienen una función sensorial, y el ácaro lo emplea para palpar y prospectar delante, en la medida en que se va moviendo, de la misma forma que lo hacen las antenas de los insectos.

Los adultos y las ninfas usualmente con excepción de los Eriophyoidea poseen cuatro pares de patas segmentadas, mientras que la larva tiene tres. Las patas están divididas en seis segmentos primarios: coxa o cadera, trocánter, fémur, gena o rodilla, tibia y tarso (Fig. 6). El tarso está terminado por un apéndice en forma de garra o en forma de ventosa que consiste en un par de garras y una almohadilla intermedia. El empodio puede existir en ausencia de garras verdaderas como una extensión en forma de órgano de succión (Fig. 2.4).

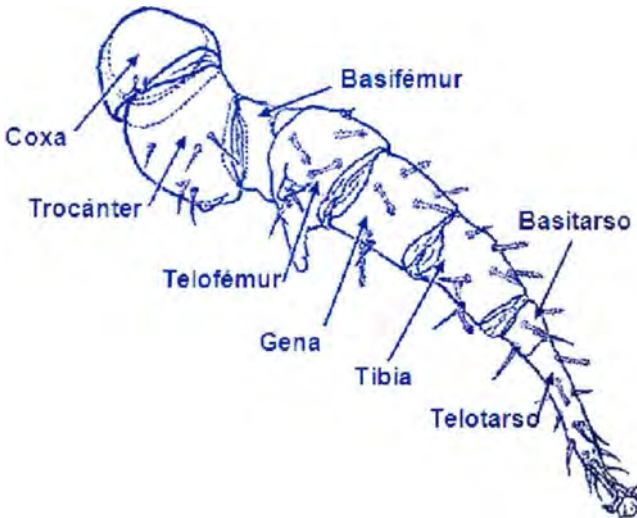


Figura 2.4. Partes de la pata de un ácaro (Tomado de Krantz y Walter, 2009).

El segmento distal de la patas o ambulacro se apoya sobre el sustrato y su estructura es diferente según el medio en que se mueve el animal. Generalmente consta de dos uñas laterales y una estructura intermedia llamada empodio muy diversificada en los diferentes grupos. El ambulacro está sujeto a una gran variabilidad y constituye uno de los caracteres taxonómicos de mayor importancia para la clasificación de los ácaros (Fig.2. 5).

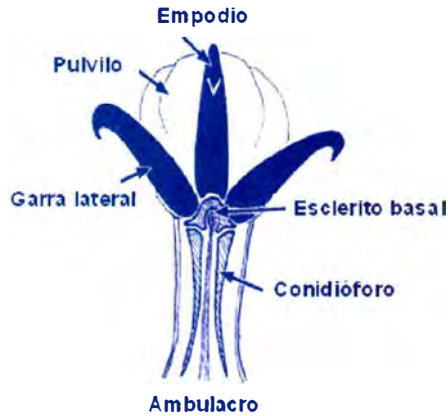


Figura 2.5. Aparato ambulacro empodial (Tomado de Krantz y Walter, 2009).

El opistosoma está formado por un número variable de segmentos, ninguno de los cuales presentan apéndices. En los dos Superórdenes principales de la subclase *Acari*, *Acariiformes* y *Parasitiformes*, se observan diferencias en cuanto a las trazas de segmentación externa. El cuerpo de *Acariiformes* presenta una articulación entre los segmentos cuarto y quinto del prosoma llamada surco seyugal, que no se observa en *Parasitiformes*.

Existen otras estructuras en la morfología externa de los ácaros que son zonas más o menos esclerotizadas y que se llaman placas o plateletas. Estas cubren, comúnmente, las partes del idiosoma. Una placa anterior puede cubrir el prodorsum o el propodosoma completamente. Una placa posterior o varias placas pueden estar presentes también, mientras en algunos grupos, una placa dorsal simple cubre virtualmente todo el idiosoma. Ventralmente el idiosoma puede estar dividido por surcos y puede estar provisto o no por placas. Los orificios anal y genital están en una placa esclerotizada o protegido por un par de valvas. Las placas genital y anal pueden en muchos casos expandirse hasta cubrir toda o casi toda la región genitoanal. Anteriormente, un área esternal esclerotizada se puede encontrar y a menudo está incorporada dentro de una placa ventral compleja. La forma y localización de las placas y plateletas tiene carácter taxonómico. Los órganos externos primarios que se encuentran sobre el idiosoma tienen función locomotora, respiratoria, copulatrix y sensorial (Fig. 2.6).

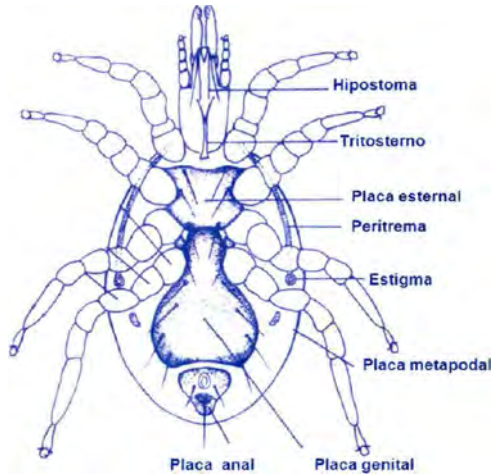


Figura 2.6. Aspecto ventral de un ácaro (Tomado de Flechtmann, 1990).

Estructuras sensoriales

El idiosoma tiene varios receptores sensoriales, la mayoría de los cuales son setiformes. Sobre el mismo también existen setas táctiles. Las setas táctiles pueden ser simples, plumosas, en forma de hojas, sin embargo todas carecen de extensiones protoplasmáticas dentro del cuerpo de la seta en sí mismas.

Las setas especializadas tienen células nerviosas en una extensión protoplasmática en algunos grupos de ácaros. La mayoría de los grupos tienen unos o dos pares de ojos simples localizados lateralmente sobre el propodosoma. Otros grupos tienen órganos sensoriales pareados localizados ventralmente entre las coxas I y II. Estos son sensores de humedad.

Morfología Interna

Sistema digestivo

Detrás de los quelíceros está la boca que abre internamente hacia la faringe, la cual actúa como una bomba de succión para la ingestión del alimento. La faringe está acompañada de varios sets de músculos. La faringe conduce al esófago el cual deriva en el ventrículo o intestino medio (Fig. 2.7). Este ventrículo se extiende en una estructura llamada divertículo o caeca que sirven como reservorios y en los cuales grandes cantidades de alimento pueden entrar de una vez.

Un intestino corto une al intestino medio con el posterior, de ahí al recto y luego el ano. Las heces son expelidas por el ano líquidas o en forma de pasta y son depositadas en el sustrato.

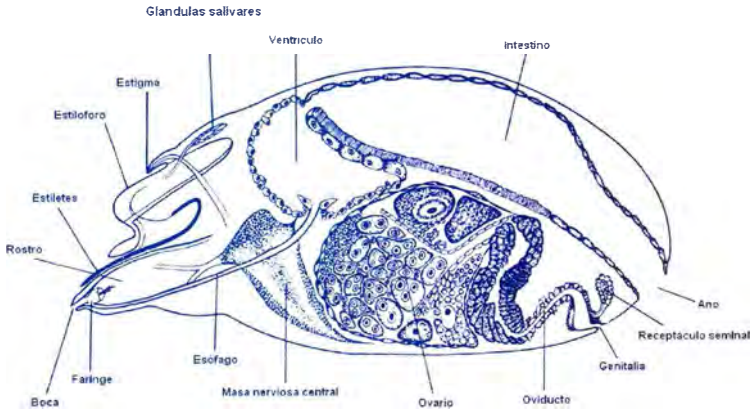


Figura 2.7. Diseño esquemático de los principales órganos de una hembra de la familia *Tranychidae* (Tomado de Flechtmann, 1985).

Esta estructura general posee diferentes modificaciones según sean los hábitos alimenticios de las especies. Hay especies saprófagas que se alimentan de materia orgánica en descomposición, constituyendo un eslabón clave en el reciclaje y formación de nuevos elementos del suelo. Otras se desarrollan a expensas de hongos o algas o son polenófagas. Algunos ácaros son parásitos de insectos o vertebrados, generalmente ectoparásitos, es decir, se sitúan en el exterior del huésped, buscando protección bajo sus estructuras tegumentarias, segmentos del cuerpo o plumas. Estas especies suelen ser hematófagas, pudiendo matar al huésped, simplemente debilitarlo o utilizarlo como medio de dispersión.

En el sistema digestivo de Gamasinos los órganos para la ingestión del alimento están localizados en el gnatosoma. Existen glándulas salivales grandes y altamente desarrolladas, de las cuales se especula que la saliva es rica en enzimas, la cual es inyectada en las presas para facilitar la predigestión y remover fácilmente el contenido del cuerpo. Se señala que existe un tratamiento extraintestinal del alimento debido a que la succión exitosa depende de la lisis de los tejidos y que esta sería imposible sin la inyección de enzimas apropiadas dentro de la presa.

Existen algunas incertidumbres en cuanto a las estructuras anatómicas a través de las cuales ocurre la inseminación. El espermatoforo del macho tiene dos componentes: el saco externo o ectoespermatoforo y el interno o endoespermatoforo, en forma de balón.

El endoespermatoforo es insertado en el poro de inducción de los espermatozoides de la hembra. El poro de inducción está localizado entre las coxas III y IV. El espermatoforo desaparece rápidamente después de la inseminación dentro de la espermateca. No hay evidencias de que el esperma esté retenido en la espermateca durante el período de maduración. Más de un espermatoforo puede ser introducido en la espermateca en una cópula o en múltiples cópulas. Un espermatoforo puede ser introducido solo en una de las dos espermatecas. Un conducto comunica la espermateca con el ovario, donde fertiliza el huevo.

En las hembras de fitoseidos, el huevo ocupa una gran proporción de la cavidad del cuerpo y varios huevos pueden ser puestos cada día. Debe existir un extraordinario proceso fisiológico involucrado, pero es completamente desconocido.

Muy poco se conoce de la anatomía reproductiva del macho. Se ha demostrado, sin embargo, que *P. persimilis* posee un par de testes que en su parte final están conectados uno con el otro. Existe un par de vasos deferentes, un conducto eyaculador y una glándula accesoria. Las células espermáticas pasan a través de los vasos deferentes hacia la abertura genital que está sobre el margen anterior de la placa genital esternal. Durante ese paso ellos son encapsulados en un ectoespermatoforo. El método mediante el cual es llevado a la zona genital es desconocido.

La transferencia de esperma del macho a la hembra se produce de distinto modo dependiendo de la estructura del aparato genital del macho. En los tetraniquidos la fecundación es directa, introduciendo el macho el esperma en la abertura genital de la hembra mediante una estructura esclerotizada. Los fitoseidos, en cambio, carecen de esta estructura por lo que la fecundación es indirecta y el esperma rodeado de un paquete gelatinoso (espermatoforo) es introducido en el orificio genital de la hembra mediante los quelíceros. La mayoría de los ácaros que viven en el suelo practican una forma diferente de fecundación: el macho produce y abandona los espermatoforos sobre el sustrato estimulando a la hembra para que los recoja e in-

introduzca en su abertura genital mediante la realización de una danza nupcial.

Entre los ácaros la cópula puede ser de la siguiente forma: los espermatozoides son introducidos dentro del receptáculo de la hembra por medio de un aedeagus esclerotizado o espermatóforo o saco de esperma el cual es producido y es recogido por la hembra o transferido a ella por el quelíceros del macho. A menudo estructuras especializadas en las hembras han sido desarrolladas para asegurar la cópula.

Fertilización y determinación del sexo

El proceso de cópula se observa generalmente después de la última muda de la hembra. Los machos tienen la capacidad de detectar la telocrisálida hembra por contacto y esperan hasta que la hembra se desembaraza de la exuvia y hasta pueden ayudarla en este proceso. El macho entonces se coloca en posición de cópula, en diferentes posiciones según el grupo taxonómico.

El número de cromosomas del macho es haploide y la relación sexual de la descendencia de una hembra parece estar en dependencia de la cantidad de espermatozoides que recibe durante la cópula. Después de las primeras cópulas la hembra produce una descendencia en la que predominan las hembras pero después en cópulas subsiguientes aparece una preponderancia de los machos.

Para el ácaro tetraniquido, *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval), se ha obtenido una confirmación citológica de la existencia de haplo-diploidía. Se observó que en esta especie ocurren dos tipos de huevos: con tres y con seis cromosomas. El número seis resulta de la fusión del núcleo del huevo con el núcleo de un espermatozoide y el número de tres es encontrado en huevos que no recibieron fecundación. Datos similares se han registrado para otras 13 especies de tetraniquidos.

Biología de la Subclase Acari

Casi todas las especies de ácaros son ovíparas. Entre el huevo y el estado adulto los ácaros pasan por varios estados inmaduros, cuyo número y características varían ligeramente de unos órdenes a otros.

La cavidad bucal postoral, dentro de la cual la boca abre internamente a una faringe con músculos muy fuertes, los que actúan como una bomba de succión para remover el contenido del cuerpo de las presas. Los músculos que operan la faringe virtualmente llenan la cavidad gnatosomal. Se señala que estos músculos están “bellamente adaptados para dilatarse y contraerse”. La faringe de *Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot) está constituida por tres cuchillas altamente quitinizadas con un manajo de músculos unidos que se dilatan y se contraen. Hay siete pares ventrolaterales, siete dorso-laterales y seis pares dorsales dilatores. Los músculos contractores están pegados a las esquinas de la faringe por tres lados (formando un triángulo): cuando ellos se contraen, hacen cerrar la pared de la faringe hasta llenar la cavidad.

La faringe conduce al esófago, el que deriva dentro del ventrículo o intestino medio. No están claros los límites entre la faringe y el esófago. Hay un pliegue en la parte posterior donde el intestino medio entra para prevenir que su contenido escape hacia el esófago. Las paredes del esófago son finas y están cubiertas con un epitelio plano que forman una capa irregular. Las fibras musculares no han sido detectadas en el esófago y se especula que no existe peristaltismo: el esófago es un órgano pasivo que conduce alimentos líquidos hacia el intestino medio.

En *Gamasina* existen al menos dos divertículos o caecas gástricas, las cuales proveen capacidad adicional y superficie para que la digestión tenga lugar. Estas caecas son extensiones del ventrículo y cuando se llenan con líquidos opacos se pueden observar a través de las paredes transparentes del idiosoma en forma de H, las barras verticales son caecas y la horizontal, el ventrículo. Cuando el ácaro está en ayuno, las caecas se funden a la base.

El intestino en forma de saco y las caecas sirven como reservorio en el cual gran cantidad de alimento puede entrar de una vez. El alimento es bombeado desde el intestino medio por fibras musculares que se entrelazan a lo largo del intestino medio y elevan el peristaltismo.

Se ha observado que *Amblyseius herbicolus* (Chant) que las caecas tienen pliegues, los cuales sirven para absorber alimento en cantidades y para adaptarse a la depredación. También se observó que no existen pliegues en las caecas de *P. persimilis*.

La digestión es intracelular. La pared del intestino está revestida de células epiteliales vacuoladas, las cuales absorben alimento soluble y eventualmente son arrojadas dentro del lumen, la cavidad central del intestino. Estas células reaccionan muy rápido al flujo del alimento y empiezan el proceso digestivo en pocos minutos.

Hay tres tipos de células digestivas:

- Digestivas
Secretoras
Indiferenciadas

Hay pocas células digestivas en ácaros hambrientos, pero esto cambia en pocos minutos después de que se alimentan. Las células secretoras en ácaros hambrientos son cilíndricas con su terminación apical protuida hacia el lumen intestinal. Un intestino corto une al intestino medio con el posterior. Los túbulos de Malpighi entran en el límite entre el intestino y el recto. El recto colecta las excreciones pasándolas desde el intestino en excrementos y en forma de guanina desde los tubos de Malpighi.

Las paredes del recto están trenzadas con una red de fibras musculares cuya contracción permite a los ácaros defecar. El recto entra dentro del intestino posterior, el que abre en el ano. Los tubos de Malpighi están contraídos cuando el ácaro está saciado y se abren cuando están hambrientos.

Los fitoseidos a menudo succionan sus presas hasta que las dejan completamente secas. Esto significa que pueden estar adaptados a ingerir grandes volúmenes de alimento de una vez y a intervalos irregulares en el momento en que una presa es capturada. La ligera esclerotización de estos depredadores permite a su cuerpo hincharse para acomodar el alimento el cual es rápidamente ingerido y la caeca permite su acomodo en el intestino. La gran cantidad de alimento obtenido de ácaros tetraníquidos probablemente no está concentrado nutricionalmente.

Se ha señalado que la alta velocidad de digestión de grandes cantidades de alimento menos nutritivo es necesaria para asegurar el corto ciclo de desarrollo de los Gamasina. Cambio celulares en el epitelio del intestino son inusualmente rápidos en *P. persimilis*, lo que asegura una rápida digestión y utilización de su alimento.

Después de la ingestión, se producen cambios en las células intestinales, esto se explica por el marcado nivel de actividad y alta capacidad depredadora de estas especies y puede ser explicado también por la alta tasa reproductiva. Estos procesos digestivos son útiles para depredadores muy voraces los cuales ingieren grandes cantidades de alimento a intervalos irregulares.

Se ha informado que *P. persimilis* puede ingerir más del doble de su peso en 10 horas, si hay presas suficientes. Cuando se pesaron 10 hembras en ayuno, su peso fue de 10.03 miligramos, 10 horas más tarde ellas pesaban 23,7 miligramos

Algunos ácaros tienen hábitos especializados, de manera que solo consumen una sola especie de planta o del mismo género. Otros, por el contrario, son polípagos, capaces de desarrollarse sobre diferentes especies de plantas. Así las arañuelas rojas se han citado en más de 150 especies vegetales diferentes. Los ácaros depredadores más interesantes para la agricultura, los fitoseidos, los cuales suelen ser bastante polípagos, consumiendo otros ácaros y pequeños insectos, pero también polen, miel de rocío, hongos y nematodos. Las especies polípagas tienen claras preferencias por algunos alimentos óptimos que les permiten tener un desarrollo adecuado y un potencial biótico elevado, otros alimentos les permiten sobrevivir en espera de encontrar otra fuente de alimento.

Sistema respiratorio

El intercambio de O₂ y CO₂ en ácaros se realiza de diversas formas. La presencia o ausencia de estigmas, espiráculos abiertos y su relativa posición, provee la mejor separación taxonómica de órdenes dentro de la subclase. Donde existen estigmas, ellos abren a un sistema traqueal que se ramifica a través del cuerpo hacia los diferentes sistemas de órganos. En los ácaros que no tienen estigmas o sistema traqueal (aparentemente) el intercambio gaseoso ocurre a través del integumento.

Sistema excretor

El intestino medio y los órganos excretores sirven para un propósito doble: la excreción estomacal y como órganos nefríticos especializados para la eliminación de urea (uratos). Este es un tubo en forma de V que se extiende a lo largo de la línea media del intestino medio, de manera que lo divide en la mayor parte de su extensión. La

parte posterior consiste en una capa fina de células muy parecidas a las de la pared dorsal y pueden que actúen solo como un verdadero intestino posterior. Existen tres tipos de órganos excretores en ácaros: glándula coxal (la más primitiva), tubos excretores y tubos de Malpighi.

Sistema circulatorio

Consta solamente de sangre (hemolinfa) la cual es incolora y baña a todos los órganos del cuerpo. Los leucocitos ameboideos están presentes y se evidencian durante el estado quiescente que precede a la ecdisis. Un corazón muy simple está presente en Holothyroidea y en algunos Mesostigmata. La sangre se distribuye mediante los movimientos del animal.

Sistema nervioso

La consolidación del gancho sigmoidal ha progresado en *Acari*. El sistema nervioso central, formado por una masa compacta de tejido nervioso, es un integrante más alrededor del esófago. En los estadios embrionarios y larvales la fusión del ganglio no es tan completa como en las ninfas y adultos.

La porción del cerebro que está dorsal al esófago da lugar a los nervios que proveen a la faringe, los quelíceros y los ojos. Los nervios que corren hacia los pedipalpos, las patas y los órganos interiores, se originan desde la porción del cerebro que es ventral al esófago. Los nervios que corren por los apéndices no proveen a otras partes del cuerpo. Aparentemente, las fibras motoras y sensoriales son incorporadas en todos los nervios.

Sistema reproductor

La reproducción en los ácaros sigue el patrón usual de fertilización con la subsiguiente producción de hembras y machos (progenie), pero también puede ocurrir partenogénesis. La misma puede ser arrenotóquica, cuando solo se producen machos a partir de huevos no fertilizados, esta es la más común; telitóquica, cuando solo se producen de hembras a partir de huevos no fertilizados, que es menos frecuente y relegada a algunos grupos y anfítóquica, producción de hembras y machos por la misma causa. Un tipo de partenogénesis no arrenotóquica llamada parahaploidía se da en la mayoría de los