

Diversidad vegetal y salud de ecosistemas en pinares de la Isla de la Juventud, Cuba*

Miguel A. VALES GARCÍA**, Daysi VILAMAJÓ ALBERDI***,
Lázaro RODRÍGUEZ FARRAT*** y Sheyla CHANG FENTES***

ABSTRACT. Comparative analysis of biodiversity indices in 6 pinelands plots at Isle of Youth is performed in this contribution. The indices values obtained by BIODIV software are considered here as indicators of ecosystem health and they were analysed in conjunction with the structure and floristic composition of these ecosystems. During the research the following indices were determined: absolute and relative dominance, richness, species's evenness, Margalef, Brillouin evenness, Shannon, Shannon Variance, Simpson, Inverse of Simpson, Berger-Parker and Pielou evenness.

Numerical values analyses of these indices and the conservation of the structure of this vegetation type in the studied plots show greater ecosystem stability and vigor. All plots were positioned with GPS.

KEY WORDS. Biodiversity, ecosystem health, pinelands, Isle of Youth, Cuba

INTRODUCCIÓN

Watson *et al.* (1995), plantean que "los efectos adversos de los impactos humanos sobre la diversidad biológica están aumentando de manera espectacular y amenazando la base misma del desarrollo sostenible", a lo que en otra parte de su trabajo responden afirmando que, la protección de los bienes y servicios que la diversidad biológica provee a las naciones y su exploración permanente a través de la ciencia y la tecnología "constituyen el único medio mediante el cual las naciones pueden desarrollarse de manera sostenible"

Todo esto hace evidente la necesidad de métodos eficientes de diagnóstico de la disfunción de los ecosistemas para la aplicación de acciones preventivas y de rehabilitación, y es aquí donde surge el concepto de la salud de ecosistemas como una perspectiva a considerar.

Este concepto lo podemos entender como "una medida comprensible, multiescala, dinámica y jerárquica del sistema de resiliencia, organización y vigor". Según Rapport (1998), el concepto de salud de ecosistemas es usado parcialmente como una metáfora, facilitando la comunicación con los no estudiosos de las ciencias, sobre los cambios que ocurren en el medio ambiente.

Costanza *et al.* (1998), señalan que la salud de los ecosistemas puede ser descrita a través de características del funcionamiento del ecosistema que incluyen: homeostasis, ausencia o presencia de enfermedades, diversidad o complejidad, estabilidad o resiliencia, vigor o medida del desarrollo y balance entre los componentes del sistema.

Los términos de resiliencia y estabilidad ecológica conceptualmente tratan de explicar, en general, la capacidad de un ecosistema para soportar impactos de diferentes magnitudes y recuperarse, sin perder las propiedades que los caracterizan.

Holling, (1987) se refiere a la resiliencia de un ecosistema como la habilidad para mantener su estructura y patrones de funcionamiento ante un estrés. Otros autores como Mageau *et al.* (1995), consideran que la resiliencia no es más que la resistencia a las perturbaciones naturales, y que los componentes de la salud del ecosistema son: el vigor (dado

por criterios de productividad primaria, ciclo de nutrientes y otros); la organización (relación de especies r y especies k); la relación de especies de ciclo de vida corto con especies de ciclo de vida largo; relación entre especies exóticas y endémicas; grado de mutualismo; extinción de hábitats especializados y otros criterios.

Los límites de la estabilidad del ecosistema o resiliencia son corrientemente el tema de muchos debates, y es en este sentido que, Holling (1986), argumenta que el problema de asumir la completa estabilidad global, depende en mucho de los esfuerzos pasados que ha desplegado la Humanidad, para manejar los ecosistemas, en la idea de que los ecosistemas son extremadamente frágiles.

Es común que muchos ecólogos seleccionen la vegetación como uno de los componentes indicadores de la estabilidad del ecosistema, y por tanto de la salud de los ecosistemas. En la actualidad son considerados como medidas de la salud de los ecosistemas, diferentes parámetros encaminados a estudiar la organización, como los índices de diversidad biológica, el aislamiento, el estadio sucesional, y la estructura; entre otros. En este sentido los estudios de vegetación resultan consistentes por su extensión, y por proveer la posibilidad de análisis de los cambios y capacidad de respuestas ante perturbaciones, como expresión de la resiliencia y la estabilidad de los ecosistemas.

En el presente trabajo pretendemos realizar una valoración del estado de la salud de los ecosistemas de pinares en la Isla de la Juventud, considerando tanto la importancia ecológica y los servicios que ofrece esta formación vegetal, como por el alto endemismo presente en ella, para lo cual hacemos uso de los valores numéricos de los índices de biodiversidad, y de elementos de la estructura y del funcionamiento de éstos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización de la zona estudiada en la Isla de la Juventud. La zona seleccionada en la Isla de la Juventud abarca principalmente los pinares del oeste, que se encuentran básicamente relacionados con las arenas blancas que caracterizan ese territorio y que tienen su mejor expresión en la Reserva Ecológica de Los Indios.

*Manuscrito aprobado en Enero de 2007.

**Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, MINAGRI. La Habana, Cuba

***Instituto de Ecología y Sistemática, A. P. 8029, C. P. 10800, La Habana, Cuba.

Características físico - geográficas. La zona se caracteriza según el Nuevo Atlas Nacional de Cuba (1990) por tener un clima de llanura con humedecimiento estacional, relativamente estable, alta evaporación y temperatura, moderada oscilación diaria del régimen térmico y predominio de días cálidos. Las temperaturas medias anuales oscilan entre 24-25°C con medias de invierno entre 20-22°C y verano de 26°C y precipitaciones anuales de 1 600 mm (1 200-1 400 mm en periodo lluvioso y 200-300 mm en periodo seco) con una evaporación media anual de 1 800-2 000 mm. Los vientos predominantes son del E, ENE, ESE y NE.

En general las parcelas se encuentran constituidas por depósitos de arena silíceas de grano fino de la formación Sigüanea del pleistoceno superior seco, que sobreyacen a esquistos metamórficos cuarcíticos del jurásico inferior medio. Hacia la costa las arenas se entremezclan con sedimentos terrígenos y turbosos de manglares. Los procesos marinos fluviales y eólicos han condicionado la formación de barras acumulativas de arenas, paralelas, que en su parte emergida conforman las sabanas de arenas blancas (CESIGMA - GEOTECH, 1996).

Los suelos se clasifican como poco evolucionados, sobre depósitos arenosos cuarcíticos gleizados, muy pobres en materia orgánica, y nitrógeno, y suelos turbofangosos de manglares "cenagosos". Se clasifican en el rango de no productivos a poco productivos (CESIGMA - GEOTECH, 1996).

Vegetación. La vegetación de la Isla de la Juventud ha sido ampliamente estudiada, básicamente en su aspecto florístico, como reseñaron Samek (1969) y Hernández et al. (1995), mientras que en el aspecto ecológico encontramos pocas referencias (Samek, 1969; Schubert et al., 1979; Hernández et al., 1995).

Samek (1969) señaló que existe un paralelismo entre la vegetación de la Isla de la Juventud y la de la provincia de Pinar del Río, dado por condiciones evidentemente similares en cuanto a sus características geológicas, pedológicas y climáticas, que condicionan la presencia de las diferentes formaciones vegetales.

Samek (1973), en su estudio sobre las Regiones Fitogeográficas de Cuba, sitúa a las sabanas de arenas blancas en el sector Cuba Occidental, subsector Isla de Pinos, Distrito Arenas Blancas de la Isla de Pinos (los Indios-Sigüanea) y señala que la mayoría de los endémicos del subsector Isla de Pinos, "son elementos de los pinares y sabanas arenosas". Borhidi (1996), sitúa el área como el núcleo principal del distrito indionensis del sector pinaricum de la subprovincia occidental cubana.

La vegetación de sabana, considerada por Samek (1973) y otros como parte de la vegetación de pinar (asociación *Paepalantho-pinnetum*) está formada por un estrato arbóreo muy abierto de 10-15 m. integrado fundamentalmente por palmas barrigonas (*Colpothnax wnghtii*), guano blanco (*Copemicia* sp.) y arbustos como el icaco (*Chrysobalanus icaco*), los peralejos (*Byvsonima* spp.), y especies de la familia Melastomataceae, etc. El estrato herbáceo es abundante, denso y rico en endémicas y es uno de los elementos florísticos de mayor valor, destacándose en él especies de las familias Eriocaulaceae, Poaceae y Cyperaceae.

Hernández et al. (1995) reportaron 133 endémicos desglosados en: 25 endémicos locales, para el 48,1% del total de las especies reportadas para la Isla de la Juventud, 64 pertenecientes al sector Cuba Occidental, 21 pancubanas y 18 del resto de Cuba, con un endemismo de 20,5% por kilómetro cuadrado.

La vegetación más extendida y que dio su nombre a la isla en el pasado, es el pinar, localizado básicamente en la región septentrional, zona donde también se encuentran las sabanas sobre arenas cuarcíticas, o más comúnmente llamadas sabanas de arenas blancas, únicas por su alto endemismo.

El pinar está conformado por vegetación boscosa con estrato arbóreo de aciculifolias, un estrato arbustivo y uno herbáceo, con presencia de palmas y poca participación de árboles latifolios, epifitas y lianas. Por su alto valor forestal ha sido ampliamente explotada, recibiendo además, tratamientos silviculturales y de forestación, por lo que en este momento se encuentran entremezcladas las áreas naturales con diferentes grados de modificación antrópica y áreas repobladas. Es necesario destacar además, que estos pinares han sufrido repetidamente el efecto de los fuegos forestales, que en algunos casos han destruido totalmente el estrato arbustivo, eliminando las plantas jóvenes de pinos y disminuido drásticamente la riqueza florística del estrato arbóreo. También se encuentran *Acoelovvaphé wnghtii*, *Coccothnax nivaguama*, *Colpothnax wnghtii*, *Byvsonima pinetorum*, *B. crassifolia*, *Coccoloba retusa*, *Chamaescnsta kunthiana*, *C. diphylla*, *Melochia savannarum*, *Clidemia strigillosa*, *Mesechites rosea* y *Panicum* sp.

En algunas zonas se encuentran pinares muy abiertos y bajos, descritos por Jennings (1917) y más tarde por Samek (1969) como *Paepalantho-Pinetum* en el que se mezclan los elementos de pinares con elementos típicos de sabana arenosa, encontrándose también por partes con un amplio grado de antropización. Estos son ecosistemas que caracterizan por la riqueza biológica, sus endemismos y alta fragilidad.

Metodología. Para el desarrollo de nuestro trabajo se seleccionaron 6 parcelas de 100 m² (10X10m), en los pinares del noroeste (NW) de la Isla de la Juventud, las que fueron tomadas al azar y se georreferenciaron con un posicionador global Sony Pyxis 760.

En las parcelas seleccionadas se listaron todas las especies, así como el número de individuos presentes en los diferentes estratos, ya sea por identificación directa o por su determinación posterior en gabinete. Se calculó en el campo la frecuencia de ocurrencia de individuos por especie, la altura y número de los estratos, por ciento de cobertura y diámetro de los elementos arbóreos, como medidas de la organización y la estructura del ecosistema. De forma cualitativa se observó la presencia de impactos actuales o históricos en las parcelas estudiadas, y también la existencia de alguna enfermedad en éstas.

A partir de esta información y utilizando el software Biodiv, versión 5.1 desarrollado por Baev y Penev (1995), se calcularon los índices de biodiversidad de: Riqueza, Margalef, Brillouin, Shannon, Varianza de Shannon, Simpson, Recíproco de Simpson, Berger-Parker, Equitatividad de Brillouin y de Pielou, así como también se consideró el endemismo. Para la interpretación de estos índices seguimos

los criterios de Magurran (1989) quien indicó que altos valores de diversidad y equitatividad reflejan estados de mayor salud de los ecosistemas.

RESULTADOS

Las parcelas estudiadas reflejan en su composición florística, estructura y organización, las características necesarias para ser consideradas como ecosistemas de pinares con *Pinus canbaea*, a pesar de mostrar señales de intervención

antrópica histórica, a partir de prácticas silviculturales.

Como resultado del trabajo de campo se obtuvo una matriz (Tabla 1), en la que se reflejan las especies vegetales presentes en cada parcela y sus frecuencias como expresión del número de individuos. En las mismas se identificaron 54 especies vegetales, de ellas 11 endemismos, siendo *Byrsonima crassifolia* la única especie común a todas las parcelas y el endemismo *Tabebuia lepdophylla*, la especie con mayor frecuencia y abundancia, estando presente en cinco de las seis parcelas, con un alto número de individuos en todas ellas.

Tabla 1. Frecuencia de especies en las parcelas. * Endemismos

	Parc1	Parc2	Parc3	Parc4	Parc5	Parc6
<i>Aeschynomene tenuis</i>	-	-	-	1	-	1
<i>Acoelorrhaphis wrightii</i>	-	-	2	-	11	1
<i>Amaioua corymbosa</i>	54	11	-	-	-	-
<i>Angelonia angustifolia</i>	-	-	-	4	-	-
<i>Byrsonima crassifolia</i>	4	3	5	3	6	19
<i>Blechnum serrulatum</i>	-	-	-	-	16	-
<i>Cassytha filiformis</i>	-	-	-	10	10	-
<i>Cissampelos pareira</i>	-	1	-	-	-	-
<i>Chamaecrista diphylla</i>	-	-	-	9	-	1
* <i>Chaetolepis cubensis</i>	-	-	-	9	-	-
<i>Chrysobalanus icaco</i>	-	6	-	2	1	-
<i>Clidemia capitellata</i>	-	1	-	-	-	-
<i>Clidemia strigillosa</i>	10	-	5	-	-	-
<i>Clusia rosea</i>	-	-	1	-	-	-
* <i>Coccothrinax miraguama</i>	-	-	-	-	1	-
* <i>Colpotherinax wrightii</i>	1	1	-	-	-	3
Compuesta (roseta)	-	-	-	-	-	24
* <i>Croton cerinus</i>	-	-	-	1	-	-
<i>Croton sagraeanus</i>	-	-	-	-	5	-
* <i>Cuphea pseudosilene</i>	-	-	-	-	-	3
<i>Cynanchum savannarum</i>	-	-	-	4	-	-
<i>Davilla rugosa</i>	-	5	-	-	-	-
<i>Schefflera morototoni</i>	1	-	1	-	-	-
<i>Galactia spp</i>	-	1	-	-	-	-
* <i>Jatropha angustifolia</i>	-	-	-	-	-	2
<i>Lachnorrhiza piloselloides</i>	-	-	-	-	-	3
Leguminosae	-	-	-	-	6	-
<i>Lygodium cubense</i>	-	-	2	-	-	-
<i>Lyonia myrtilloides</i>	-	-	-	-	2	-
<i>Matayba apetala</i>	1	1	-	-	-	-
Malvaceae	-	-	-	-	4	-
<i>Melochia villosa</i>	-	-	-	2	-	-
Melastomataceae	-	-	-	-	-	9
* <i>Miconia androsaemifolia</i>	-	-	-	-	-	17
<i>Miconia delicatula</i>	5	-	-	-	-	-
<i>Miconia laevigata</i>	1	-	-	-	-	-
<i>Mimosa pudica</i>	-	-	-	2	-	-
<i>Myrica cerifera</i>	-	-	-	1	-	-

Tabla 1. Continuación. Frecuencia de especies en las parcelas. * Endemismos.

	Parc1	Parc2	Parc3	Parc4	Parc5	Parc6
Myrtaceae	-	-	-	-	2	-
<i>Mitracarpus squarrosus</i>	-	-	-	2	-	-
<i>Odontosoria spp</i>	2	-	-	-	-	-
* <i>Ouratea elliptica</i>	1	1	1	-	-	-
* <i>Paepalanthus seslerioides</i>	-	-	-	-	-	29
<i>Panicum spp</i>	-	-	-	-	-	1
<i>Pinus canbaea</i>	10	4	8			4
<i>Piper aduncum</i>		1				
<i>Piqueta cistoides</i>						1
<i>Polygala squamifolia</i>				1		
* <i>Sabal parviflora</i>				7		4
<i>Sida linifolia</i>			7			
* <i>Tabebuia lejidojhylla</i>		8	13	47	37	15
<i>Tetrazygia bicolor</i>				3		
<i>Pentalinon lutum</i>	2	1	1			
<i>Xylopia avomatica</i>	7	6	13			

Las parcelas mostraron diferencias en cuanto a la composición y número de especies. La parcela 6 mostró los mayores valores de riqueza y número de endemismos (6) con relación al resto de las parcelas investigadas, así como altos valores de los índices de diversidad como Recíproco de Simpson (7,69), Shannon (2,29), Equitatividad de Brillouin (0,801) y Equitatividad de Pielou (0,807), con 2 estratos y relativamente bajos valores del diámetro promedio de los troncos de los elementos arbóreos, sin embargo según nuestros análisis, la parcela 2 es la que presenta una mejor salud del ecosistema, si consideramos que posee un valor de riqueza promedio alto (0,17), y presenta los mayores valores de los índices de Recíproco de Simpson (8,28), Shannon (2,34), Equitatividad de Brillouin (0,808), y Equitatividad de Pielou (0,863), con una organización estructural de 3 estratos; cobertura de 90% y uno de los mayores valores promedio de diámetro de los troncos de los elementos arbóreos (Tablas 2 y 3). Todo lo cual nos lleva a concluir que es en la parcela 2 donde estos pinares presentan una estructura con un estadio avanzado de la homeostasis y un mejor funcionamiento del ecosistema y en consecuencia manifiestan el mejor estado de salud.

Tabla 2. Valores de los principales índices de biodiversidad calculados.

Parc.	Rec. Simps	Shannon	Var. Shannon	Equit. Brillouin	Equit. Pielou	Riq.	End.
1	3,04	1,65	0,017	0,596	0,644	0,17	3
2	8,26	2,34	0,0159	0,808	0,863	0,17	5
3	6,79	2,11	0,0117	0,755	0,851	0,15	5
4	4,5	2,09	0,0149	0,704	0,736	0,16	9
5	5,18	1,99	0,00919	0,76	0,8	0,17	6
6	7,69	2,29	0,00612	0,801	0,807	0,2	11

Tabla 3. Valores de los principales elementos de la estructura del bosque de pinar analizados.

Parcela	Altura	No. de Estratos	Cobertura	dbh
1	15-18m	3	80%	67,6
2	18-20m	3	90%	61
3	15-18m	2	75%	60,4
4	10-15m	3	70%	58
5	10-15m	2	70%	51
6	18-20m	2	85%	56

En las parcelas 4 y 5 no se encontraron individuos de *Pinus caribaea*, sin embargo en la parcela 5 están presentes 11 individuos de la palma *Acoelovaphe wrightii*, reflejando el paisaje de gramíneas con arbustos y palmas que caracteriza a las sabanas de arenas blancas, ecosistemas que se entremezclan con los pinares, compartiendo especies vegetales.

En los pinares estudiados, el principal impacto observado se refiere a los incendios forestales espontáneos, y muchas de las especies vegetales que componen estos ecosistemas muestran adaptaciones a este tipo de fenómeno. No se observó la presencia de enfermedades en el follaje, dada por los cambios de coloración de las hojas, formación de agallas y otras estructuras anómalas.

Es por ello que consideramos según el concepto de resiliencia, que es la parcela 2 la que presenta la mayor capacidad de recuperación en un menor tiempo ante impactos naturales y antrópicos y por tanto una mayor capacidad para el manejo forestal.

Los ecosistemas de pinares encontrados por los autores como los de mayor grado de salud (parcela 2), coinciden con los geosistemas descritos por CESIGMA - GEOTECH (1996), para el área de la Cuenca del Soldado; como aquellos que no presentan problemas graves de deforestación, ni erosión, y

donde la acción antrópica más significativa es la explotación forestal.

CONCLUSIONES

- ◆ Los índices de biodiversidad de Shannon, Recíproco de Simpson, Equitatividades de Brillouin y Pielou son una buena medida de la salud del ecosistema.
- ◆ Los índices de biodiversidad combinados con el análisis de los elementos de la estructura, permiten profundizar en los análisis de la estabilidad, y la salud de los ecosistemas.
- ◆ Los estudios de salud en ecosistemas manejados pueden constituir una medida de su capacidad máxima de explotación sostenible.
- ◆ La parcela No.2, que se corresponde con la zona noroeste de la Isla de la Juventud, en la cuenca del Soldado, constituye un pinar con elementos históricos de manejo silvicultural, que en el momento actual se encuentra en un estadio avanzado de la sucesión natural, con un alto grado de vigor, expresado en los diámetros, así como en el por ciento de cobertura total y la aparente ausencia de enfermedades.

REFERENCIAS

- Baev, P. V. y L. D. Penev, 1995. *BIODIV: program for calculating biological diversity parameters, similarity, nich overlap and cluster analysis. Version 5.1.* Pensoft, Sofia-Moscow, 57 pp.
- Borhidi, A. 1996. *Phytogeography and Vegetation Ecology of Cuba.* Akademiai Kiado, Budapest, pp. 923.
- Borhidi, A. y O. Muñiz, 1983. *Catálogo de plantas amenazadas o extinguidas.* Editorial Academia. La Habana. 85 pp.
- CESIGMA-GEOTECH 1996. *Línea Base Ambiental de la Mina de Oro Delita* (inédito). CESIGMA. División América. 41 pp.
- Costanza, R., M. Mageau, B. Norton y C. Patten, 1998. Predictors of Ecosystem Health. Cap. 16 pag. 240 – 249. In: *Ecosystem Health*. Edits. Rapport, D., Costanza, R., Epstein, P.R., Gaudet, C. y Levins, R. Blackwell Science Inc. 372 pp.
- Hernández, J., J. A. Bastart, E. Medero y P. P. Herrera, 1995. Flora y vegetación de las sabanas de arenas blancas, Isla de la Juventud, Cuba. Estado de conservación. *Fontqueria*. 42:219 - 228.
- Holling, C. S. 1986. The resilience of terrestrial ecosystems: local surprise and global change. In: *Sustainable development of the biosphere*. Clark, W. C.; Munn R.E., eds. Cambridge University Press. 470 pp.
- 1987. Simplifying the complex: The paradigms of ecological function and structure. *Eur. J. Oper. Res.* 30: 139 – 146.
- Instituto Cartográfico Nacional de España 1990. *Nuevo Atlas Nacional de Cuba*, Madrid, España.
- Jennings, O. E. 1917. A contribution to the botany of the Isle of Pines, Cuba, based upon the specimens of plants from island in the herbarium of the Carnegie Museum under date of October 1916. Publ. Carnegie Museum. Serial no. 93. *Annals of the Carnegie Museum* 11(1-2):19-290.
- Mageau, M. T., R. Costanza y R. E. Ulanowicz, 1995. The development and initial testing of a quantitative assessment of ecosystems health. In: *Ecosystem Health*. Edits. Rapport, D., Costanza, R., Epstein, P.R., Gaudet, C. and Levins, R. Blackwell Science Inc. 1:201– 213.
- Magurran, A. 1989. *Diversidad Ecológica y su medición.* Ediciones Vedral, Barcelona España. 200 pp.
- Rapport, D. 1998. Defining Ecosystems Health. Cap. 2 pag. 18– 33. In: *Ecosystem Health*. Edits. Rapport, D., Costanza, R., Epstein, P.R., Gaudet, C. and Levins, R. Blackwell Science Inc. 372 pp.
- Samek, V. 1969. La vegetación de Isla de Pinos. Acad. Cien. Cuba. *Serie Isla de Pinos*, 28:1-28.
- 1973. Regiones Fitogeográficas de Cuba. Academia de Ciencias de Cuba. *Serie Forestal* 15:163.
- Schubert, R., K. Helmecke, J. Kruse, E. Del Risco, R. Capote, R. Vandama, R. Oviedo, D. Vilamajó y L. Menéndez, 1979. Resultados de la Expedición de investigaciones de las Academias de Ciencias de Cuba y la RDA, en Isla de Pinos, Cuba, 1975. *Feddes Repertorium* 89: 601-628. (en alemán).
- Vilamajó, D. y O. Durán, 1996. Vegetación. En: *Estado actual del Medio Ambiente del área de explotación minera Oro Delita, Isla de la Juventud.* Trabajo presentado en la Jornada Científica “25 Años de Ciencia en la Isla de la Juventud”. 41 pp.
- Watson, R. T., V. H. Heywood, I. Baste, B. Dias, R. Gámez, T. Janetos, W. Reid y G. Ruark, 1995. *Evaluación mundial de la biodiversidad.* Programa de las Naciones