

RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE ALGUNOS ECOSISTEMAS BOSCOSOS Y ARBUSTIVOS COSTEROS DE CIEGO DE ÁVILA, SEGÚN MECANISMOS FUNCIONALES

ECOLOGICAL RESTORATION OF FOREST ECOSYSTEMS AND BUSH SOME COASTAL CIEGO ÁVILA AS FUNCTIONAL MECHANISMS

DR. C. EVERARDO PÉREZ-CARRERAS, DR. C. ROBERTO VÁZQUEZ-MONTES DE OCA Y M. SC. RAFAEL MARTÍN-PALACIOS
Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte y Loynaz, Circunvalación Norte, Camagüey, Cuba,
teléf.: 261593, everardo.perez@reduc.edu.cu

RESUMEN

El funcionamiento ecológico de un área forestal incide directamente en el éxito de las supervivencias de las posturas, desarrollo de las plantaciones y en su restauración ecológica. Los resultados se obtuvieron en dos sitios silvestres costeros de más de 100 ha cada uno, entre 2007 y 2010 en Cayo Coco: playa El Flamenco y la laguna El Puerto, Ciego de Ávila. Se valoraron las formaciones vegetales, composiciones florísticas, niveles tensionales y sus funcionamientos respectivos. Se identificaron las asociaciones vegetales con las especies dominantes y dominadas del dosel, sus habilidades adaptativas, reproductivas y competitivas, los rodales desde pocos, altos hasta normalmente densos, y se valoraron las densidades y las distancias en centímetros entre los individuos en cada comunidad, determinándose su número aproximado por hectáreas y los reclutamientos de posturas. Se obtienen datos de los incrementos diamétricos que proporcionan información sobre la productividad primaria, niveles de aprovechamientos y desarrollo de la biomasa de las especies, entre ellas las de importancia económica.

Palabras claves: *funcionamiento ecológico, sitio silvestre, restauración ecológica, habilidades competitivas, reforestación.*

INTRODUCCIÓN

Como parte de la antigua provincia de Camagüey, el territorio de Ciego de Ávila, eminentemente llano, sufrió intensas transformaciones antrópicas en sus coberturas vegetales desde mediados del siglo XVII. Las áreas que actualmente conservan algunos

ABSTRACT

The ecological functioning of a forest area, directly affects the success of the survivals of the seedling, plantation development and ecological restoration. The results were obtained in two wild coastal sites of more than 100 ha each, between 2007 and 2010 in Cayo Coco: The Flamenco Beach and Laguna El Puerto, Ciego de Avila. We evaluated the vegetation, floristic composition, pressure levels and their respective performances. Plant associations were identified with the dominant and dominated canopy, adaptive skills, reproductive and competitive, stands from a few, high up usually dense and titrated densities and distances in centimeters between individuals in each community, determining the approximately the same number of acres and the recruitment of seedling. Data are obtained diametric increments, which provide information on primary productivity, levels of exploitation and development of the biomass of the species, including the economically important.

Key words: *wild places, ecological working, ecological restoration, competitive skills, reforestation.*

recursos, con ecosistemas y paisajes con cierta naturalidad y biodiversidad, constituyen el 15 %, y se ubican hacia las costas y cayos [CITMA-SPAP, 2009].

Los estudios sobre los funcionamientos ecológicos de los sitios silvestres en Cayo Coco

consideran, entre sus objetivos, valorar los índices de salud, estados de los equilibrios dinámicos de las formaciones vegetales y las sucesiones de los ecosistemas; comprobar los enriquecimientos fitogenéticos, fitodiversidad y posibles pérdidas netas en la disponibilidad de hábitats y nichos ecológicos de las especies y el tamaño de las poblaciones y comunidades; valorar la reducción real y potencial de los fragmentos con vegetación natural e incrementos de las distancias ecológicas entre ellos; corroborar las dificultades de las poblaciones y comunidades para intercambiar, reponer y posibles recolonizaciones y reclutamientos de individuos; inferir la eventual extinción de algunas de las especies y poblaciones, y proponer como alternativas de recuperación del sitio silvestre la restauración ecológica, utilizando la forestación, reforestación o revegetación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Como parte de la metodología de las mediciones en el campo se usaron cintas métricas de 20 m de largo y reglas de madera con puntas de 50 cm de largo, las que se utilizaron para medir el grosor y profundidad de las esteras radicales en los suelos.

En el campo, con el método aleatorio, se realizaron nueve transectos en la parcela 1 (Coco 1), para un total de 448 valoraciones funcionales puntuales y seis transectos con 178 valoraciones en la parcela 2 (humedal El Puerto y playa El Flamenco), cada transecto con una longitud aproximada de 350-1600 m y un ancho hacia ambos lados de 15-20 m. Se estructura la base de datos en el software SPSS-versión 15.0 para Windows 2006. Se codificaron las variables territorio (territor) y transectos (transect) y se midieron las variables: distancia (distancm) entre individuos que facilitó calcular el número aproximado de árboles, arbolitos y arbustos por hectáreas (para estas investigaciones, la unidad básica de medida de superficie), diámetro (diámetrocm), para valorar el aumento de la biomasa del ecosistema (se midieron los troncos o fustes de cada individuo a partir de 2 cm de perímetro) y ER (cm) que se refiere al grosor de las esteras radicales dentro de los suelos;

sus mediciones reportaron valores significativos en el aprovechamiento y reciclaje de los nutrientes.

Se exploró la base de datos para valorar las características de la distribución de las variables con el objetivo de probar su normalidad (N) y utilizar las estadísticas descriptivas. Consecuentemente se aplicaron los Tests No Paramétricos, porque las variables distancia entre los individuos, diámetro de los fustes y el grosor de las esteras radicales no dieron distribución normal en ninguna de los territorios (parcelas) ni en los transectos. Al respecto se aplicó el Test de Kolmogorov-Smirnov (K-S).

Para relacionar las tres variables referidas se utilizó la Correlación de Rango (Rho de Spearman). Por las características del interés del estudio funcional se utilizan los Tests No Paramétricos de Mann-Whitney (M-W) y Kruskal-Wallis (K-W) para comparar los resultados entre territorios y transectos dentro de territorios respectivamente.

Las colectas de muestras de ejemplares se identificaron en instituciones con herbarios y colecciones de maderas de la provincia. En los trabajos de gabinete se revisaron diferentes bibliografías, entre ellas León, Hno., y Hno. Alain (1951, 1953, 1957, 1964); para los estudios sobre funcionamientos ecológicos, sobre la base de las habilidades reproductivas, adaptativas y competitivas de las especies arbóreas y algunas arbustivas, se basaron en los resultados de Capote *et al.* (1988), Herrera *et al.* (1988, 1997), Herrera, R. (comunicación personal, nov. 2003) y Pérez-Carreras *et al.* (1992 al 1999 y Pérez-Carreras, 2000 al 2010). Se valoraron los Índices de Respuestas Funcionales (IRF), Tensión Abiótica (ITA) y Ceno-competitivo (ICC) de los grupos de especies dominantes funcionales de cada parcela [IES, 1990]. Se consideraron las densidades y pesos de las maderas [Carreras y Dechamps, 1995], crecimientos de las especies, los Índices de Densidad de Población (IDP) e Incrementos Diamétricos (IID) de cada comunidad [Samek, 1974; Sablón, 1984; Pérez-Carreras, *et al.*, 2003, 2008, 2009], entre otros datos, considerando las etapas sucesionales de cada sitio. Para las propuestas de restauración

ecológica se consultaron los resultados propuestos y obtenidos por Matos (2010) y Urbino (2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los territorios 1 y 2 se ubican hacia el noroeste de Cayo Coco, perteneciente al Archipiélago Sabana-Camagüey o Jardines del Rey, al norte de las provincias centrales de Cuba. El referido cayo presenta gran valor natural por su biodiversidad, estado de conservación y los recursos dunas, playas y bosques, entre otros.

Este importante sitio silvestre se ubica desde el punto de vista florístico en el sector Cuba central, subsector Cuba centro-oriental, distrito cayos, costas y cayerías septentrionales de Cuba centro-oriental [Borhidi y Muñiz, 1986].

El territorio 1, por las características fisonómicas de la formación vegetal boscosa, es siempreverde micronotófila de altura media (12-15 m).

Además de las condiciones de eutónico e insular (muy expuesto a la acción eólica) y micronotófilo medio, es una formación mixta y restauradora, y constituye un rodal denso. En la proyección horizontal se percibe una superficie cubierta entre el 80-90 %. El resto lo ocupan claros o calveros, en correspondencia al sitio sometido a tensiones hídricas, nutrimentales, edáficas, eólicas e intra e interespecíficas, estas últimas por la competencia, adaptación y desplazamientos sucesionales de sus grupos ecológicos funcionales, lo que guarda relación con los gradientes de humedad y los pobres nutrientes existentes en el suelo (oligotróficos), que son además pocos profundos y con afloramientos cársicos, por lo que constituyen ecosistemas sensibles a las variaciones tensionales que reciclan los contenidos energéticos a velocidades medias (eremazimóticos), bajas (mesozimóticos) o muy bajas (eueremazimóticos) [Herrera, Menéndez y Vilamajó, 1988 y Herrera y Priego, 1997].

La formación vegetal mixta se desarrolla en un sitio poco protegido a los diversos factores abióticos que lo impactan, entre ellos intensa insolación y rápida percolación del agua

por el sustrato cársico, el que posee numerosas grietas y oquedades de hasta más de 2 m de diámetro. La formación referida ha desembocado sucesionalmente por partes en un matorral eutónico (1,0-5,0 m), que aparecen en aquellos sitios con tensiones mayores.

La composición florística general del cayo está influenciada directamente por las fluctuaciones que han ocurrido en el manto freático, impactado por alteraciones provocadas por la alternancia de etapas con días muy poco húmedos con algunos días lluviosos intensos, ocurriendo alteraciones en la evapotranspiración general de los ecosistemas, desfavorable a su equilibrio dinámico. Por lo anterior, aparecen grupos de especies intolerantes y tolerantes a la competencia [Bisse, 1988], y se utilizan estrategias funcionales distintas para el bosque y los matorrales, para que subsistan en los sitios con tensiones, algunos con efecto de barrera o ecotono entre las lagunas del humedal y las dunas costeras. Se estima que se requieren aproximadamente veinte años para lograr la restauración ecológica de los segmentos impactados, algunos convertidos en extensos calveros debido a que se necesita de la conformación natural de los suelos en algunos lugares y el enriquecimientos en otros, los que determinan funcionalmente sobre las respectivas sucesiones vegetales naturales e inducidas, con especies herbáceas, arbustivas y arbóreas, beneficiados por los bancos de germo-plasmas del propio territorio y la fauna asociada ya existente en el cayo [Pérez-Carreras, *et al.*, 2003, 2008, 2009; Matos, 2010 y Urbino, 2010]. Se aprovecha para la restauración ecológica las estrategias funcionales adaptativas, reproductivas y competitivas de las formaciones vegetales mixtas, que incluyen la regeneración natural, con distribución densa pero variable de semillas en el suelo, plántulas e individuos jóvenes, relacionadas con la producción de frutos secos, carnosos y semillas de las plantas adultas, que constituyen el principal potencial de la regeneración y sucesión del ecosistema costero, tanto en las áreas boscosas, arbustivas como las herbáceas, así como la presencia en el suelo del colchón de hojarasca, los que garantizan los ciclos naturales de supervivencia.

El estudio de las estrategias funcionales de estas formaciones vegetales sensibles permite conocer los posibles mecanismos para la restauración ecológica de dichos ecosistemas, aplicando preferiblemente la reforestación sucesional.

El equilibrio dinámico alcanzado en las comunidades boscosas y arbustivas están conformadas en el primero y segundo territorio (parcelas) por 57 familias en ambos, 140 y 142 géneros, y 193 y 195 especies respectivamente, que contribuyen evolutiva y adaptativamente al crecimiento y fitodiversidad de las formaciones vegetales, con abundancia-dominancia de especies esclerófilas.

Estas formaciones mixtas en su condición de protectoras del litoral contribuyen a la existencia y estabilidad de las dunas, el humedal y la vegetación achaparrada sobre el carso. El número de individuos correspondientes a plántulas de taxones arbóreos en las biocenosis del bosque predomina sobre el número de taxones de otras especies, tanto del estrato arbustivo como del herbáceo y el sinusio de lianas y epífitas, y son generalmente escasas las herbáceas en el sotobosque. Se observan con pocos representantes las erguidas *Agave legrelliana* Jacob. (agave) y *Bromelia pinguin* L. (piña ratón), las lianas, entre otras, *Gouania polygama* (Jacq.) Urb. (bejuco jaboncillo), *Ipomoea tuba* (Schlcht.) G. Don (flor de la Y), *Jacquemontia jamaicensis* (Jacq.) Hall. f. (bejuco colorado) y las orquídeas, *Cattleyopsis lindenii* (Lindl.) Cogn. (San Pedro), *Cyrtopodium punctatum* (L.) Ld. (cañuela), *Vanilla dilloniana* Correll (bejuco de lombriz), y coincidiendo con los claros sobre árboles y arbolitos, otras especies de epífitas, entre ellas *Tillandsia flexuosa* Sw. (curujey), *Tillandsia valenzuelana* A. Rich. (curujey) y *Tillandsia usneoides* L. (guajaca).

En ambas parcelas la resistencia a las tensiones medioambientales está proporcionada por el conjunto de posibilidades genéticas de cada especie, que conforman sus estrategias adaptativas y competitivas; las interacciones de dichas estrategias para aprovechar los suelos, nutrientes y la luz natural determinan el funcionamiento del ecosistema como un todo. Así se hallan como más signi-

ficativas por la abundancia-dominancia, en la primera parcela o territorio: (25 %) *Metopium brownei* (Jacq.) Urb. (guao de costa), (15 %) *Bursera simaruba* (L.) Sarg. (almácigo), (25 %) *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth. ssp. *latisiliquum* (soplillo) y (15 %) *Coccoloba diversifolia* Jacq. (uvilla). Las especies de *Crescentia cujete* L. (güira cimarrona), *Bucida spinosa* (Northrop.) Jennings (jucarillo), *Bucida buceras* L. (júcaro negro), *Caesalpinia bahamensis* Urb. (brasilete colorado) alcanzaron el 5 % de abundancia-dominancia aproximadamente.

En la segunda parcela o territorio se hallan como más significativas por su presencia y abundancia-dominancia: (40 %) *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth. ssp. *latisiliquum*, (30 %) *Metopium brownei* (Jacq.) Urb.; (15 %) *Coccoloba diversifolia* Jacq., (10 %) *Bursera simaruba* (L.) Sarg. y (5 %) *Crescentia cujete* L., entre otras.

Existen en el segundo territorio del cayo dunas altas limítrofes con la playa El Flamen-co, que constituyen un ecosistema arenoso continuo de más de 5 m de altura, con gran atracción ecoturística. Poseen abundancia-dominancia de herbáceas costeras, entre ellas *Borrichia arborescens* (L.) D.C. (romero de playa), *Cenchrus echinatus* L. (guizado de playa), *Cenchrus tribuloides* L. (guizacillo), *Chloris radiata* (L.) Swartz. (pata de gallina), *Cynodon dactylon* (L.) Pers. (grama), *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Richt. (pata de gallina), *Ipomoea pes-caprae* (L.) Sweet. (boniato de playa), *Uniola paniculada* L. (millo de mar), *Uniola virgata* L. (millo) y otras poblaciones de arbustivas, entre ellas *Coccoloba uvifera* (L.) L. (uva caleta), *Coccoloba diversifolia* Jacq., *Metopium brownei* (Jacq.) Urb. y *Drypetes mucronata* Griseb. (hueso de costa), que permiten su estabilidad dinámica y existencia. Los matorrales achaparrados sobre el carso desnudo presentan abundancia-dominancia de *Conocarpus erectus* L. var. *erectus* (yana), y sus poblaciones forman biocenosis con otras especies arbustivas también achaparradas, que integran los matorrales del ecosistema. Hay poblaciones arbóreas aisladas de *Bucida buceras* L. (júcaro negro) y arbustivas y herbáceas de *Lantana camara* L. var. *camara* (filigrana), *Lantana involucrata* L. (té de costa), *Leptocereus maxonii* Britt. et Rose (pitahaya), *Opuntia stricta* Haw. (tuna brava),

Plumeria clusioides Griseb. (lirio de costa), *Phyllanthus epiphyllanthus* L. ssp. *epiphyllanthus* (panetela), *Pilosocereus millspaughii* (Britt.) Byl. et Rowl. y otras arbustivas con espiniscencia.

Existen relictos del bosque de mangles del humedal con abundancia de *Avicennia germi-nans* (L.) L. (mangle prieto). Las especies del manglar se asocian con las comunidades halófitas herbáceas y arbustivas, constituidas por *Batis maritima* L. (barrilla), *Sesuvium mariti-mum* (Walt.) BSP (verdolaga), *Sesuvium portula-castrum* L. (verdolaga de playa), *Salicornia bigelovii* Torr. (perejil de costa), *Salicornia perennis* Mill. (yerba de vidrio) y *Suaeda linearis* (Ell.) Moq. (sosa), principalmente. El bosque siempreverde micronotófilo, que se extiende a continuación del manglar, bordea al humedal y se distribuyen conformando un mosaico vegetal funcionalmente estable.

El funcionamiento en equilibrio dinámico en ambos territorios se evidencia en cuatro principales asociaciones vegetales.

Primer territorio o parcela:

- Poblaciones de árboles de *Avicennia germi-nans* (L.) L. asociados con árboles de *Bucida buceras* L. y *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth. ssp. *latisiliquum*.
- Poblaciones de árboles y arbustos de *Bucida buceras* L. y *Bucida spinosa* (Northrop) Jennings asociados con arbustivas de *Belairia mucronata* Griseb. (yamaquey negro), *Caesalpinia bahamensis* Lam. y *Caesalpinia vesicaria* L. (Brasil).
- Poblaciones de árboles de *Conocarpus erectus* L. var. *erectus* asociados con arbóreas y arbustivas de *Coccoloba diversifolia* Jacq., *Coccoloba retusa* Griseb. (uvilla) y *Crescentia cujete* L.
- Poblaciones de árboles de *Lysiloma latisili-quum* (L.) Benth. ssp. *latisiliquum* asociados con arbóreas y arbustivas de *Bursera simaruba* (L.) Sarg., *Coccoloba diversifolia* Jacq. y *Metopium brownei* (Jacq.) Urb.

Segundo territorio:

- Poblaciones de arbóreas de *Lysiloma lati-siliquum* (L.) Benth. ssp. *latisiliquum* asociados con poblaciones de árboles de *Coccoloba diversifolia* Jacq.
- Poblaciones de arbóreas de *Bursera simaru-ba* (L.) Sarg. asociados con arbóreas y

arbustivas de *Metopium brownei* (Jacq.) Urb. y *Metopium toxiferum* (L.) Krug. et Urb. (guao de costa arbustivo).

- Poblaciones de arbolitos y arbustivas de *Coccothrinax littoralis* León (yuraguana de costa) y *Coccoloba uvifera* (L.) L. asociados con poblaciones de árboles y arbolitos de *Canella winterana* (L.) Gaertn. (cúrbana) y *Crescentia cujete* L.
- Poblaciones de arbóreas de *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth. ssp. *latisiliquum* y *Metopium brownei* (Jacq.) Urb. asociados con arbóreas de *Bursera simaruba* (L.) Sarg. y *Coccoloba diversifolia* Jacq.

Las asociaciones vegetales representan importantes indicadores ecológicos para proponer la revegetación y reforestación de territorios impactados y sus restauraciones ecológicas, y deben utilizarse preferentemente aquellas especies que ya existen en las diferentes comunidades de dichas asociaciones, que están adaptadas al escaso suelo, fuertes vientos, intensa radiación y altas temperaturas. Deben ser seleccionados los taxones herbáceos, arbustivos y arbóreos por sus habilidades adaptativas, reproductivas y competitivas. Los sitios impactados tienden a mantener la vocación forestal para las especies que conforman sus biocenosis, lo que influye positivamente en la supervivencia de los individuos botánicos del bosque, matorrales y comunidades herbáceas [Herrera, Menéndez y Vilamajó, 1988; Betancourt, 1999, 2000; Pérez-Carreras *et al.*, 2003, 2008, 2009; Matos, 2010 y Urbino, 2010].

Para seleccionar las especies que deben emplearse en la restauración ecológica hay que considerar las adaptaciones estructurales y funcionales de estos ecosistemas, entre ellas la disminución de las áreas foliares, con la aparición de especies notófilas como *Bursera inaguensis* Britt. (almaciguillo), *Capparis cynophallophora* L. (mostacilla), *Capparis flexuosa* L. (palo barba), *Erythroxylum areolatum* L. (jibá macho) y *Erythroxylum havanense* Jacq. (jibá), entre otras; micrófilas como *Belairia mucronata* Griseb. (yamaquey negro), *Bucida subinermis* Borhidi (jucarillo), *Caesalpinia bahamensis* Lam., *Diospyros caribaea* (A.D.C.) Standl. (ébano), *Diospyros crassinervis* (Krug. et Urb.) Standl. (ébano carbonero), *Pithecellobium circinale* (L.) Benth. (arandela), *Rheedia aristata*

Griseb. (manajú) y algunas mesófilas, entre ellas *Coccothrinax littoralis* León, *Casasia clusiaefolia* (Jacq.) Urb. (jagua de costa) y *Clusia rosea* Jacq. (cupey). La combinación de poblaciones que conforman las comunidades, con dominancia de microfilia, micrantía y esclerofilia permiten mayor estabilidad y constancia en la producción de hojas y mayor duración, tanto en las propias plantas como sobre el piso del bosque, lo que constituye también una estrategia adaptativa y funcional [Herrera, Menéndez y Vilamajó, 1988].

Entre las respuestas funcionales adaptativas-competitivas se hallan las tasas de crecimientos de muchas de las especies del componente florístico, las que son lentas, constantes y estabilizadas, y proporcionan maderas resistentes, pesadas y duras, con mayores densidades en sus fibras [INDAP, 1970; Sablón, 1984; Carreras y Dechamps, 1995], respondiendo de forma efectiva a las tensiones ambientales. Del grupo se significan los taxones de los grupos funcionales estabilizadores y rezagados, entre ellos *Buchenavia capitata* (Vahl.) Eichl. (júcaro amarillo), *Bucida buceras* L., *Caesalpinia bahamensis* Lam., *Gerascanthus gerascanthoides* L. (varía), *Diospyros caribaea* (A.D.C.) Standl. (ébano carbonero) y *Lysiloma sabicu* Benth. (sabicú), entre otras.

La distancia en centímetros entre los árboles, arbolitos y arbustos resultó no significativa entre los territorios del cayo, ya que son áreas con características costeras análogas (Tablas 1 y 2, Figs. 1 y 2).

La densidad analizada para los nueve transectos del primer territorio varió en un rango donde $N = 18 \dots 127$, para un total de 448 valoraciones funcionales puntuales, dando en todos los casos diferencias significativas para la distancia en centímetros entre los árboles, arbolitos y arbustos, lo cual es indicativo de la falta de uniformidad en todos los transectos; en unos hay densidad normal (96 individuos), en otros es fluctuante (20, 31, 38, 39 y 40), y uno reportó un número pequeño de individuos (18), provocado por las talas selectivas. El mínimo de separación (distancia) entre árboles y arbolitos es de 51,5 cm, medio de 89,6 cm y máximo de 232,8 cm. En el segundo territorio la densidad entre los individuos en centímetros,

analizada para los seis transectos, abarcó un rango, donde $N = 16 \dots 49$, para un total de 178 valoraciones funcionales puntuales, dando en todos los casos diferencias significativas para la distancia en centímetros. En esta última área con matorral xeromorfo y abundancia-dominancia de espinosas el espaciamiento es irregular, aprovechando las propiedades particulares del terreno, con muy poco suelo y extensos afloramientos cársicos. La distancia mínima entre las arbustivas es de 35,5-90,0 cm, la media de 81,3-105,0 cm y la máxima de 300,0 cm; el promedio general de separación es de 1,97 m. En los sitios silvestres valorados funcionalmente se aprecia el comportamiento natural de los ecosistemas costeros con respecto a su espaciamiento y densidad de las plantas medibles, lo que constituye un índice de estabilidad funcional. Para la parcela 1 se estiman 9709 individuos de diferentes especies, principalmente arbóreas por hectáreas, y en la parcela o territorio 2 de hasta 12 987, con mayor densidad de arbustivas. El espacio vital de los taxones, en cálculo estimado de más de 8000 individuos por hectárea, permitió valorar las formaciones vegetales en estado denso, lo que se corresponde con el estadio sucesional fase de homeostasis II (estadio maduro o etapa clímax), propio de un tapiz vegetal protector del litoral en estado de recuperación natural [Herrera, Menéndez y Vilamajó, 1988; Colectivo de autores, 1990; Pérez-Carreras et al., 2003, 2008, 2009]; sin embargo, faltan algunos taxones de los estratos dominantes, los que han sido sustraídos por talas selectivas, entre ellos en el bosque, *Cordia sebestena* L. (vomitel colorado), *Conocarpus erectus* L. var. *erectus* y *Lysiloma sabicu* Benth., y en los matorrales *Buchenavia capitata* (Vahl.) Eichl., *Bucida buceras* L. y *Bucida subinermis* Borhidi.

Estos impactos afectan negativamente las formaciones vegetales, las que son protectoras del agua y los suelos de las zonas costeras de Ciego de Ávila [Colectivo de autores, 1990; Herrera y Priego, 1997; Pérez-Carreras, et al., 2003, 2008, 2009].

Los estudios ecológicos sobre el funcionamiento de ambos territorios demuestran que el ecosistema costero no puede ser dañado

debido al desempeño funcional y estabilidad ecológica que proporcionan en esos sitios silvestres, además de que poseen asignadas por el estado cubano las Categorías de Bosques Protectores y de Conservación, refrendados jurídicamente, por la Ley 81 de Medio Ambiente (1997), Ley 85 o Ley Forestal (1999), la Resolución 330, Reglamento de Ley (1999) y el Decreto 268, Contravenciones de las Regulaciones Forestales (1999), entre otros documentos regulatorios.

En ambos territorios la variable diámetro fue analizada para la misma cantidad de transectos de la variable distancia e igual número de valoraciones funcionales puntuales, dando en todos los casos diferencias significativas entre los transectos, no así entre los territorios (*Tablas 5 y 6, Figs. 1 y 2*). El crecimiento de los individuos botánicos está influenciado por el espaciamiento entre ellos. Si es muy densa la formación vegetal (poca separación), es menor el incremento en diámetro de las plantas [Samek, 1974; Sablón 1984]. En ambos territorios se verifica la existencia de tres grupos principales funcionales de especies, de acuerdo con las clases diamétricas ($DAP_{1,30\text{ m}}$). Respectivamente para el primero y el segundo territorio analizados funcionalmente con los diámetros (d) de los troncos o fustes existe un primer grupo con un d: 2,5 y 3,1 cm; segundo d: 5,1 y 5,9 cm, y el tercero d: 20,1 y 20,9 cm. En dichos grupos se ubican especies tolerantes e intolerantes a la competencia [Bisse, 1988]. Entre las tolerantes, *Lysiloma sabicu* Benth. (p: 183,0 cm, d: 58,3 cm), intolerantes como *Thrinax radiata* Lodd. ex Schult. (miraguano) y *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth. ssp. *latisiliquum*, esta última con mayores alturas e incrementos en perímetros (p) y diámetros del fuste (p: 167,0 cm, d: 53,6 cm), y de comportamiento medio entre ellas, *Capparis flexuosa* L., *Crescentia cujete* L., *Clusia rosea* Jacq. y *Bucida buceras* L. (p: 122 cm, d: 38,8 cm). Aparece como especie poco común para el primer territorio *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. (ceiba), con un p: 285,0 cm y un d: 90,7 cm.

Las estrategias de distribución en clases diamétricas en este tipo de formaciones vegetales se deben también a las distintas capacidades de las semillas para germinar o

no a la sombra, creciendo individuos con diferentes edades. Las cantidades de plántulas de especies arbóreas predomina sobre el número de taxones de otras especies, tanto del estrato arbustivo como del herbáceo, incluyendo al sinusio de lianas y epífitas. Cada individuo necesita un espacio suficiente para desarrollar el sistema radical cuando se establece la competencia por el uso del suelo y el área va siendo insuficiente. Esto se refleja en la disminución del incremento diamétrico, aunque los taxones adquieran alturas estimuladas por la luz [Herrera y Priego, 1997].

En ambas parcelas del cayo la variable grosor (profundidad) de las esteras radicales (ER) de cada individuo en centímetros tampoco proporcionó distribución normal (al igual que las variables distancia y diámetro), por lo que también se utilizaron los Tests No Paramétricos ya referidos. Esta variable fue analizada para los mismos transectos con igual número de valoraciones funcionales puntuales, dando en todos los casos diferencias significativas (*Tablas 3 y 4, Figs. 1 y 2*).

En los territorios 1 y 2, respectivamente, el grosor mínimo de las esteras reportan 1,8 y 2,5 cm (mesozimótico), coincidiendo con los segmentos de la formación vegetal que poseen matorrales xeromorfos espinosos sobre el carso desnudo. El grosor medio es de 5,5 cm (eremazimótico), también en suelos escasos y afloramientos cársicos, con árboles de poca altura (4-8 m), y el máximo valor alcanza esteras de grosor de hasta 15,8 y 17,1 cm (eueremazimótico), en suelos más ricos y profundos, pero con menos humedad, y presentan un dosel más elevado (10-12 m). Las esteras radicales constituyen eficientes mecanismos funcionales para la recuperación de los nutrientes de los suelos y los procesos de acumulación y descomposición posterior de la materia orgánica [Herrera y Priego, 1997].

Los tres principales comportamientos funcionales se relacionan con las variables distancia, diámetro y esteras radicales, y permiten proponer especies para los planes de manejos que incluyen la forestación y reforestación con taxones multipropósitos en el proceso de restauración ecológica de los sitios impactados.

TABLA 1
Territorio 3. Distribución y rango de las observaciones puntuales

<i>Variables</i>	<i>Transect</i>	<i>N</i>	<i>Rango promedio</i>
Distancm	1	18	138,22
	2	20	241,00
	3	31	263,77
	4	39	303,54
	5	40	251,64
	6	38	238,38
	7	96	215,90
	8	39	217,09
	9	127	196,35
	Total	448	
Diámetro (cm)	1	18	239,64
	2	20	324,48
	3	31	270,56
	4	39	243,10
	5	40	262,24
	6	38	206,89
	7	96	212,33
	8	39	223,91
	9	127	192,42
	Total	448	
ER (cm)	1	18	341,42
	2	20	305,73
	3	31	344,60
	4	39	254,65
	5	40	262,04
	6	38	194,34
	7	96	184,86
	8	39	175,72
	9	127	198,71
	Total	448	

TABLA 2
Estadísticos de contraste (a, b). Prueba de Kruskal-Wallis

	<i>Distancm</i>	<i>Diámetrocm</i>	<i>ER (cm)</i>
Chi-cuadrado	34,475	29,672	76,578
gl	8	8	8
Sig. asintót.	0,000	0,000	0,000

a. Prueba de Kruskal-Wallis.
 b. Variable de agrupación: Transect.

TABLA 3
Territorio 4. Distribución y rango de las observaciones puntuales

Variabes	Transect	N	Rango promedio
Distancm	1	20	144,98
	2	16	116,88
	3	21	50,50
	4	25	83,56
	5	47	80,57
	6	49	86,22
	Total	178	
Diámetro (cm)	1	20	119,20
	2	16	120,66
	3	21	82,62
	4	25	64,92
	5	47	81,23
	6	49	90,62
	Total	178	
ER (cm)	1	20	43,28
	2	16	17,00
	3	21	120,07
	4	25	112,50
	5	47	98,46
	6	49	98,61
	Total	178	

TABLA 4
Estadísticos de contraste (a, b). Prueba de Kruskal-Wallis

	Distancm	Diámetrocm	ER (cm)
Chi-cuadrado	41,702	19,810	63,574
gl	5	5	5
Sig. asintót.	0,000	0,001	0,000

a. Prueba de Kruskal-Wallis.

b. Variable de agrupación: Transect

TABLA 5
Territorios 3 y 4. Distribución y rango de las observaciones puntuales

Variabes	Territorio	N	Rango promedio	Suma de rangos
Distancm	1	448	321,53	144 046,50
	2	178	293,28	52 204,50
	Total	626		
Diámetro (cm)	1	448	319,96	143 340,50
	2	178	297,25	52 910,50
	Total	626		
ER (cm)	1	448	337,02	150 983,50
	2	178	254,31	45 267,50
	Total	626		

TABLA 6
Comparación de las variables. Resultados de la Prueba de Mann-Whitney

	<i>Distancm</i>	<i>Diámetrocm</i>	<i>ER (cm)</i>
U de Mann-Whitney	36 273,500	36 979,500	29 336,500
W de Wilcoxon	52 204,500	52 910,500	45 267,500
Z	-1,763	-1,418	-5,167
Sig. asintót. (bilateral)	0,078	0,156	0,000

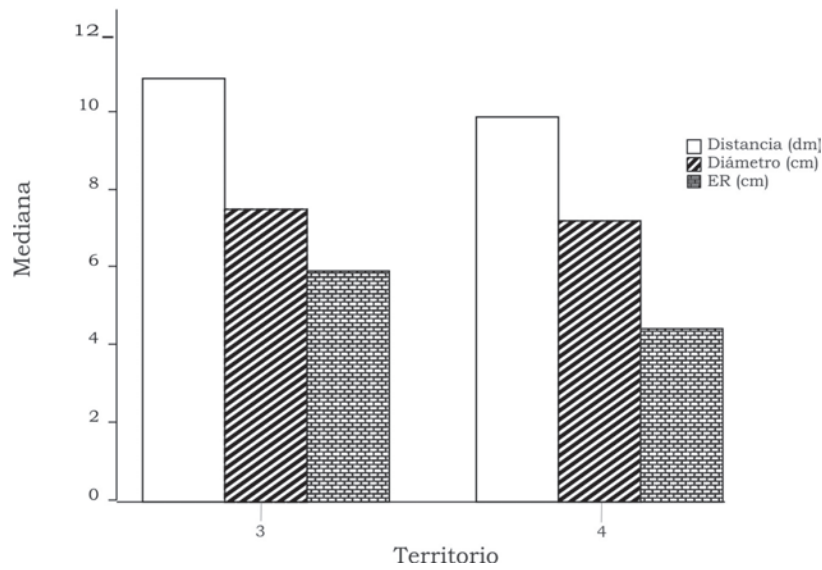


Figura 1. Comparación del comportamiento de las variables distancias, diámetros y esteras radicales para ambos territorios (parcelas) en Cayo Coco, Ciego de Ávila. Simbología: 3: parcela uno, y 4: parcela dos.

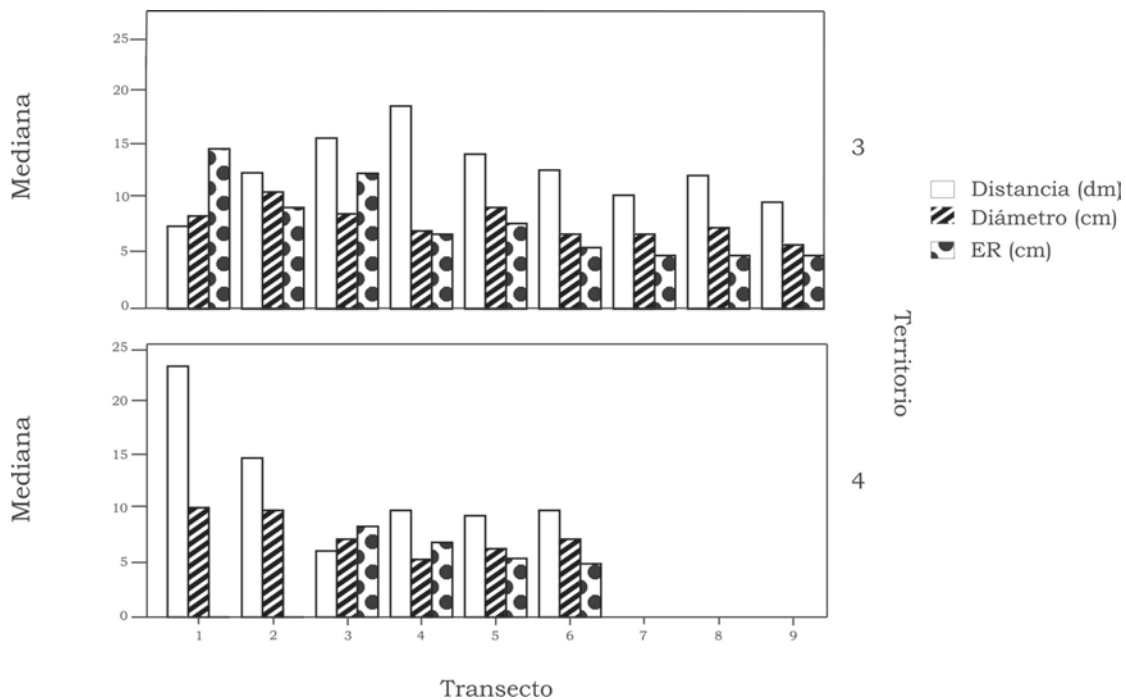


Figura 2. Comparación del comportamiento de las variables distancias, diámetros y esteras radicales para los transectos de ambos territorios en Cayo Coco, Ciego de Ávila. Simbología: 3: parcela uno, y 4: parcela dos.

CONCLUSIONES

- Se aplican como principales indicadores ecológicos, para valorar funcionalmente los sitios silvestres costeros de Cayo Coco, las variables distancia entre los individuos de las diferentes especies botánicas de la comunidad o biocenosis, el incremento en diámetro de los árboles y arbustos seleccionados, la presencia y profundidad de las esteras radicales y las posibles asociaciones, combinaciones o alianzas entre las especies presentes en las formaciones vegetales.
- Las valoraciones funcionales permiten proponer la restauración ecológica de los fragmentos costeros degradados, con diferentes especies existentes en el territorio, con hábitos biológicos arbóreos y arbustivos pertenecientes a los cuatro grupos funcionales de especies, donde se incluyen los grupos de taxones de sitios secos, húmedos y las consideradas indiferentes a ambos, conservando así la importante biodiversidad del área con su fauna asociada, utilizando selectivamente árboles y arbustos multipósitos o de usos múltiples (AUM).

BIBLIOGRAFÍA

- BETANCOURT, B. A. 1999. *Silvicultura especial de árboles maderables tropicales*, La Habana, Editorial Científico-Técnica, 431 pp.
- BETANCOURT, B. A. 2000. *Árboles maderables exóticos en Cuba*, La Habana, Editorial Científico-Técnica, 352 pp.
- BISSE, J. 1988. *Árboles de Cuba*. La Habana, Editorial Científico-Técnica, 383 pp.
- BORHIDI, A., MUÑOZ, O. 1986. «The Phytogeographic Survey of Cuba. Floristic Relationships and Phytogeographic Subdivision», *Acta Botanica Hungarica* (BG) 32 (1-4): 3 - 48.
- CARRERAS, R., DECHAMPS, R. 1995. «Anatomía de la madera de 157 especies forestales que crecen en Cuba y sus usos tecnológicos, históricos y culturales», Musée Royal de L'Afrique Centrale Tervuren, Belgique. *Documentation Sciences Economiques*, vol. 9, 120 pp.
- CITMA-SPAP. 2009. «Situación de las áreas protegidas en la provincia», en Informe de Balance Anual (inédito), Dpto. SPAP, CITMA, Ciego de Ávila, Cuba, 15 pp.
- COLECTIVO DE AUTORES. 1990. *Estudio de los grupos insulares y zonas litorales del archipiélago cubano con fines turísticos. Cayos Guillermo, Coco y Paredón Grande*, ACC-ICGC, Editorial Científico-Técnica, 177 pp.
- FORS, A. J. 1957. *Maderas cubanas*, La Habana, Ministerio de la Agricultura, 172 pp.
- HERRERA, R., MENÉNDEZ, L., VILAMAJÓ, D. 1988. «Las estrategias regenerativas, competitivas y sucesionales en los bosques siempreverdes en la Sierra del Rosario», en *Ecología de los Bosques Siempreverdes de la Sierra del Rosario*, Cuba, IES-ACC., y UNESCO, ROSTLAC, Montevideo, Uruguay, pp. 29-362.
- HERRERA, R., PRIEGO, G. 1997. «Ecotechnologies for the Sustainable Management of Tropical Forest Diversity», *Nature & Resources*, UNESCO, 33 (1): 2-17.
- INSTITUTO NACIONAL DE DESARROLLO Y APROVECHAMIENTO FORESTAL (INDAP). 1970. *Árboles maderables de Cuba*, La Habana, Instituto del Libro, 238 pp.
- MATOS, M. J. 2010. «Restauración ecológica en el Caribe: Estado del Arte», en Libro Resumen, III Simposio Internacional Restauración Ecológica, Santa Clara, Cuba. Pérez-Carreras, E. 2003. «Reforestación sucesional en la Sierra de Cubitas, Camagüey, Cuba», Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Biológicas, IES-CITMA.
- PÉREZ CARRERAS, E., JUAN, M. E. 2008. «Funcionamiento geocológico del humedal Laguna El Puerto y ecosistemas aledaños asociados. Cayo Coco» (inédito). Informe del PSCT GEOCUBA-Grupo Empresarial Gaviota, 200 pp.
- PÉREZ CARRERAS, E., JUAN, M.E., MARTÍNEZ, V. 2009. «Valoración funcional de la vegetación natural arbórea y arbustiva en una parcela de Cayo Coco, Ciego de Ávila», CYTDES.
- SABLÓN, P. A. M. 1984. *Dendrología*, La Habana, Editorial Pueblo y Educación, 196 pp.
- SAMEK, V. 1974. *Elementos de silvicultura de los bosques latifolios*, La Habana, Instituto Cubano del Libro, 291 pp.
- URBINO, R. J. 2010. «La rehabilitación ambiental minera, una solución holística», en Libro Resumen, III Simposio Internacional Restauración Ecológica, Santa Clara, Cuba.

RESEÑA CURRICULAR

Autor principal: Everardo de la Caridad Pérez Carreras

Doctor en Ciencias Biológicas, profesor e investigador titular, ha desarrollado varias investigaciones relacionadas con las formaciones vegetales y la flora de diferentes ecosistemas montañosos y costeros de Cuba. Es autor y coautor de mapas de vegetación, flora y silvicultura a diferentes escalas. Ha desarrollado diagnósticos ambientales, estudios de impactos ambientales y planes de manejos. Ha participado en múltiples eventos científicos y talleres. Es profesor adjunto del Centro de Medio Ambiente y Educación Ambiental de la Universidad Pedagógica José Martí, y miembro del Consejo Científico de la Facultad y de la universidad donde labora.