

Organización espacial de comunidades vegetales relacionada con variables ambientales de los Cayos Coco, Guillermo y Paredón Grande, Cuba

Spacial organization of plant communities in relationships with ambiental variables of Cayo Coco, Cayo Guillermo and Cayo Paredón Grande, Cuba

Nancy Esther RICARDO NÁPOLES* y Leda MENÉNDEZ CARRERA*

RESUMEN. Se evaluaron los factores que determinan la variación de los índices de diversidad en comunidades vegetales que se establecen sobre substrato arenoso en los Cayos Coco, Guillermo y Paredón Grande del grupo insular Sabana - Camagüey, y la relación de éstos con la formación vegetal. El estudio se realizó con tres grupos de unidades: a- 15 comunidades de plantas, b- 3 cayos y c- 5 unidades de vegetación. Se obtuvo una clara relación entre las variaciones de las unidades de vegetación y los índices de la diversidad biológica. Los matorrales, *sensu lato*, mostraron la mejor organización espacial, diversidad y especialización de las especies de plantas de las formaciones vegetales herbáceo-arbustivas. Las unidades fisionómicas y florísticas responden a un gradiente ambiental desde la costa hacia el interior de los cayos. La diversidad de especies es alta confirmando que éstas juegan un papel preponderante en la tipificación de las comunidades vegetales y de los cayos. Los índices de diversidad permitieron caracterizar la naturalidad de las unidades de vegetación de los cayos en estudio.

PALABRAS CLAVE. Diversidad biológica, vegetación arenosa, Archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba

ABSTRACT. Sand vegetation units from Cayo Coco, Cayo Guillermo and Cayo Paredón Grande of Archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba were characterized based at indices of biological diversity. A study was made with three groups of units: a- 15 plants communities, b- 3 keys and c- 5 vegetation units. A clear relationship between trend of variation of the vegetation units and biological diversity study parameters values is observed. Scrubs vegetations show the better spatial organization, biological diversity, and specialization of plants species. Variations of the diversity parameters between floristic and physiognomies units show an environmental order from coast to inside of the keys. Parameters of biological diversity characterized the naturalness of vegetation units of Cayo Coco, Cayo Guillermo and Cayo Paredón Grande.

KEY WORDS. Biological diversity, Sand vegetation, Archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba

INTRODUCCIÓN

La diversidad biológica es un indicador de cambios en los ecosistemas al expresar la forma de organización biológica de éstos y su variación refleja la presencia de modificaciones de esa organización (Pineda, 1991).

Pineda *et al.* (2002) al analizar la conectividad entre individuos de diferentes especies que constituyen una comunidad biológica, señalan que, cuando en un ecosistema se introducen o desaparecen especies, ya sea, de forma intencionada o como consecuencia indirecta, se producen reajustes en la composición biológica (número y abundancia relativa de especies) y en la trama de relaciones que definen su organización, las especies, sus síntomas de adaptación, la composición de sus comunidades y la distribución en el espacio y en el tiempo constituyen excelentes indicadores de la estructura ecológica del territorio.

De Miguel *et al.* (1997) señalan que los índices que componen la diversidad (riqueza y equitatividad) pueden dar idea del tipo de procesos ecológicos que regulan la diversidad biológica en cada tipo de comunidad.

Nuestro objetivo es caracterizar y determinar la variabilidad espacial de la vegetación, conocer los factores que determinan la variación de los parámetros de diversidad (S, H', J') y dilucidar si existe relación directa entre la riqueza y la equitatividad con la diversidad en comunidades vegetales que se establecen en ecosistemas arenosos en los Cayos Coco, Guillermo y Paredón Grande del grupo insular Sabana – Camagüey, Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización del territorio. El grupo insular Sabana – Camagüey está compuesto por dos subarchipiélagos: Sabana y Camagüey, en este último se localizan los Cayos Coco, Guillermo y Paredón Grande, objetivo de estudio del presente trabajo, estos cayos tienen una superficie de 370, 6 y 13,2 km² respectivamente y están ubicados al norte de la provincia Ciego de Ávila a una distancia de tierra firme entre 17 y 30 km (ACC-ICGC, 1990). Existen en estos cayos rasgos comunes en cuanto a la presencia de playas, barras y dunas arenosas, lagunas litorales y restos de superficies abrasivas hacia el norte, condicionados por un elevamiento más acentuado hacia el norte durante el Holoceno, las llanuras abrasivas planas y carsificadas en la parte central y las llanuras pantanosas con manglares hacia el sur.

En el territorio predomina el complejo de rocas carbonatadas del Cuaternario, donde se destacan las calcarenitas y biocalcarenitas, los depósitos arenosos, fangosos y turbosos del Holoceno. El clima es tropical y estacionalmente húmedo, con lluvias frecuentes en verano, presenta un régimen térmico moderado y relativamente estable, con extremos poco acusados y valor medio de 25,6°C, con alta persistencia de vientos provenientes del E. Las precipitaciones anuales están en el rango de 1000 a 1200 mm. Debido a la elevada humedad relativa en la noche se producen nieblas y neblinas especialmente cuando hay escasas precipitaciones, mientras en la estación de lluvia son frecuentes las tormentas eléctricas (ACC-ICGC, 1990).

Se distinguen los paisajes terrestres: Llanura marino-eólica, llanura tectónico-abrasiva, llanura marino-biógena, colinas tectónico-denudativas y alturas residuales tectónico-abrasivas y los suelos: Húmico Calcimórfico, Rendzina parda carbonatada, Rendzina negra, Arenoso y Arenoso humificado. La vegetación natural terrestre está representada por los bosques siempreverde, semideciduo, manglares, comunidades halófitas, matorrales xeromorfo costero, comunidades herbáceas y complejos de vegetación de costa arenosa y rocosa. En la vegetación seminatural se presentan pequeñas áreas con vegetación secundaria y cultivos menores.

Muestreo de la vegetación. Para conocer la riqueza y diversidad de la vegetación en los Cayos Coco, Guillermo y Paredón Grande se realizó el estudio de 15 comunidades vegetales características de substrato arenoso, para lo cual, se determinó el área mínima según el método área – especie; en las comunidades más cercanas al litoral, que se caracterizan por presentar especies de alturas bajas, se utilizaron parcelas de 5 X 5 m y en las que se ubican hacia el interior de los cayos, con especies de mayor altura, de 25 X 25 m. Se utilizó el método de Braun - Blanquet (1951) para la estimación de la abundancia cobertura y para el tratamiento numérico de los datos fitosociológicos se modificó la transformación propuesta por Tüxen y Ellenberg (1937) para los valores: $r = 0,5$; $+ y 1 = 3$.

Para analizar el comportamiento de la diversidad biológica sobre substrato arenoso se trazaron tres transeptos de 100 X 4 m y se marcaron 5 parcelas que se corresponden con las comunidades vegetales: herbácea baja, herbácea alta, herbácea alta y arbustosa baja, matorral abierto y matorral denso, en total se evaluaron 25 cuadrados por cayo. Se consideraron las variables: altitud, orientación de las parcelas en el territorio (0- Sur, 1- Oeste), textura de la arena por observación directa en el terreno (0- fina, 1- gruesa), tipo de suelo (Húmico calcimórfico, Húmico carbonático, Gley, Rendzina parda carbonatada, Arenoso, Arenoso humificado), textura del suelo, altura media de la vegetación, tipo de comunidad vegetal y cobertura de la misma. Se utilizó la escala 0- ausencia, 1- escasa, 2- abundante para la presencia de hojarasca en el suelo, el contenido de piedras mayores de 5 cm, presencia de musgos y moluscos en los troncos de los árboles y la escala 0- ausente, 1- presente para la ocurrencia de fuego.

Para la determinación de las especies vegetales se utilizó la Obra Flora de Cuba (León, 1946; León y Alain, 1951, 1953, 1957; Alain, 1964, 1974) y para el sinantropismo de las especies a Ricardo *et al.* (1995). La actualización taxonómica de los taxones se obtuvo según Adams (1972), Howard (1979, 1988, 1989 *a,b*); Liogier (1982; 1983; 1985*a,b*; 1986; 1988; 1989; 1994*a,b*; 1995*a,b*; 1996; 1997), Beyra (1988); Catasús (1997); Bässler (1998).

Análisis numéricos. Con el fin de determinar de qué índice (S y J') depende la diversidad se calculó la correlación entre ellos. Para cada formación vegetal y cayo se calcularon las diversidades: Alfa y Beta, en la primera se determinaron la riqueza de especies (S), la equitatividad J' (Pielou, 1969) y la diversidad biológica de Shannon – Wiener (H') (Shannon y

Weaver, 1949, Magurran, 1989), en la otra se aplicaron el teorema de entropía total (Pielou, 1969), la amplitud de nicho promedio (An) de las especies y el solapamiento de nicho de cada parcela (Sn) (Pielou, 1975 y Pineda *et al.*, 1981*a*) para las comunidades por cayos y con tres variantes: 1- las cinco parcelas de cada cayo divididas en tres grupos para conocer la amplitud de nicho de cada especie entre los tres cayos, 2- cada uno de los cayos y 3- para los cinco tipos de formaciones vegetales.

Para detectar las variables que se relacionan con la distribución de las comunidades vegetales y conocer las tendencias principales de variación de la vegetación se realizó un análisis multivariante de correspondencia (AC) (Benzecri, 1980), y para conocer las distribuciones de probabilidad de una variable con respecto a las otras se construyó una matriz de contingencia. Para cada variable se calcularon los valores medios correspondientes a todas las especies. Con la relación entre los valores de los parámetros de diversidad y las principales tendencias de variación detectadas en el AC se calcularon la regresión simple y regresión polinómica de segundo grado (Sokal y Rohlf, 1969) con el fin de detectar relaciones lineales o unimodales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La riqueza de especies disminuye en el orden Cayo Guillermo, Coco, Paredón Grande mientras en las comunidades por cayo las más ricas son el matorral denso de Coco, la vegetación herbácea alta y arbustosa baja de Guillermo y el matorral abierto de Paredón Grande; en cuanto a la equitatividad se destacan por la distribución de abundancia de las especies el matorral denso de los dos primeros cayos y el matorral abierto del último. Si se consideran ambos indicadores el matorral *sensu lato* es el más diverso de las formaciones vegetales herbáceo-arbustivas sobre arena en estos cayos (Tabla 1).

Las comunidades vegetales que se presentan en las dunas incipientes por encontrarse muy próximas a la rompiente de las olas presentan pocas especies (de 4 a 7), debido a que la energía producida por el oleaje es alta se observa que a medida que las comunidades se alejan de la costa hacia el interior de los cayos se incrementa la riqueza. Pineda (1991) considera que cuando se analiza la riqueza y equitatividad en su conjunto se puede entender la complejidad ecológica de un lugar, resulta monótono si aparecen pocas especies o muchas con unas pocas abundantes y complejo si aparecen igualmente repartidas las especies.

Están significativamente correlacionadas la riqueza y la equitatividad con las diversidades total y de especie, el número de especie y la distribución de sus abundancias influyen en los altos valores de la diversidad, esto responde a las condiciones de naturalidad de las comunidades que se establecen en estos cayos y al buen estado de conservación de estos ecosistemas. Por el contrario, no existe correlación significativa entre la diversidad de las parcelas y la riqueza de especies, ni entre ésta y la equitatividad, lo que sugiere que la diversidad de las parcelas no depende de estos índices, principalmente debido a la distribución homogénea de los individuos en las parcelas (Fig. 1).

Tabla 1. Diversidad de las comunidades en los Cayos Coco, Guillermo y Paredón Grande subarchipiélago Camagüey. S- riqueza de especies, J'- equitatividad, H(EP)- entropía especies parcelas, H(E)- entropía de especies, H(P/E)- parcelas condicionadas a las especies, H(P)- entropía de las parcelas, H (E/P)- especies condicionadas a las parcelas, An- amplitud de nicho promedio de las especies, Sn- solapamiento de nicho. Her- herbácea alta, arb- arbustosa.

Cayo/ Comunidades	S	J'	H (EP)	H(E)	H (P/E)	H(P)	H (E/P)	An	Sn
Cayo Coco									
Herbácea costera	7	0.34	3.14	0.95	2.18	2.29	0.85	0.94	0.30
Herbácea alta	10	0.52	3.76	1.72	2.04	2.21	1.55	0.88	0.47
Herb alta/ arb baja	7	0.74	3.99	2.07	1.93	2.20	1.79	0.83	0.64
Matorral abierto	8	0.64	4.10	1.94	2.16	2.32	1.78	0.93	0.59
Matorral denso	15	0.75	5.02	2.93	2.09	2.26	2.76	0.90	0.71
Cayo Guillermo									
Herbácea costera	4	0.22	2.75	0.44	2.30	2.31	0.43	0.99	0.22
Herbácea alta	8	0.44	3.48	1.33	2.15	2.25	1.22	0.92	0.41
Herb alta/ arb baja	16	0.77	4.53	3.07	1.46	1.94	2.60	0.63	0.65
Matorral abierto	13	0.69	4.58	2.57	2.01	2.21	2.37	0.87	0.64
Matorral denso	11	0.88	5.03	3.05	1.98	2.23	2.79	0.85	0.81
Cayo Paredón Grande									
Herbácea costera	6	0.43	3.34	1.11	2.23	2.30	1.05	0.96	0.40
Herbácea alta	9	0.56	3.64	1.77	1.87	2.13	1.51	0.80	0.48
Herb. alta/ arb. baja	10	0.56	4.09	1.87	2.21	2.32	1.77	0.95	0.53
Matorral abierto	11	0.74	4.61	2.57	2.04	2.20	2.41	0.88	0.70
Matorral denso	8	0.44	3.92	1.89	2.03	2.27	1.65	0.92	0.46

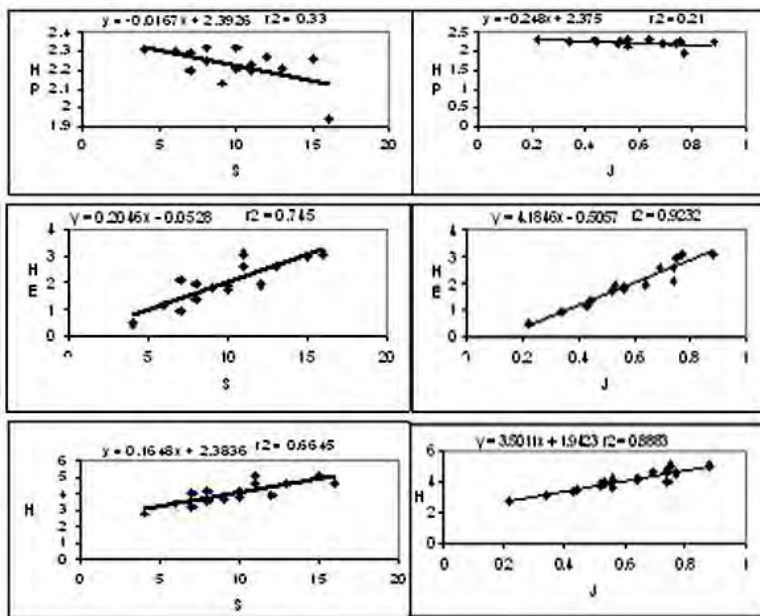


Fig. 1. Relación de la riqueza (S) y equitatividad (J) con la diversidad total (H), de especies (HE) y parcelas (HP) en formaciones vegetales arbustivo herbáceas sobre arena en los Cayos Coco, Guillermo y Paredón Grande, Archipiélago Sabana Camagüey, Subarchipiélago Camagüey.

De Miguel *et al.* (1997) estudiaron pastizales seminaturales en una dehesa en la región central de España, en la Sierra del Rosario (Cuba), en selvas y potreros de la Sierra de Los Tuxtlas (México) donde obtuvieron que en las comunidades con alta naturalidad la diversidad dependía de la equitatividad, estos autores consideran que la relación entre la diversidad biológica y los índices de equitatividad y riqueza pudieran utilizarse como indicador del grado de naturalidad de las comunidades. Sin embargo, Ricardo y De Miguel (2002) en estudios realizados en 27 pastizales semiantrópicos

representativos de la región norte de la Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario no obtuvieron una relación significativa de estos parámetros y las principales tendencias de variación de la vegetación. La ausencia de un patrón claro de distribución indica una elevada heterogeneidad de los valores de los parámetros de diversidad a lo largo de los gradientes considerados.

Los resultados de las entropías total y de especies de las comunidades por cayo alcanzan sus valores más elevados en los matorrales denso y abierto, el primero corresponde a los Cayos Coco y Guillermo, y el último a Cayo Paredón Grande, como estos parámetros están vinculados directamente con la organización de los ecosistemas entonces los matorrales son las formaciones vegetales de mayor organización, con una composición consolidada y estable de especies (Tabla 1), la entropía total está relacionada con la cantidad de especies que a su vez responde en la comunidad a la mayor diversidad de especies, mientras es menor la diversidad de las parcelas condicionadas a las especies, por lo que se evidencia que las formaciones vegetales que se establecen en estos cayos son específicas de estos ambientes. La diversidad de hábitats origina diferencias en la composición de especies estableciéndose distintas comunidades. La herbácea costera presenta la menor diversidad de especies y de equitatividad, se observa una dominancia en Coco y Guillermo de *Uniola paniculata* y en Paredón Grande de *Ernodea littoralis*. Pineda *et al.* (1981b) al analizar el comportamiento de estos parámetros de diversidad en función de los diferentes hábitats denominaron estas características como micropatrones.

El análisis de la amplitud media del nicho (An), que no es más que la diversidad del recurso que utiliza una especie, permite considerar a las comunidades herbáceas costeras como asociaciones con escasa equitatividad, baja organización y máximo azar ya que los valores de An son elevados, ellas responden a etapas sucesionales no totalmente estabilizadas debido al constante impacto producido por el oleaje que la fragmenta y desestabiliza.

Álvarez de Zayas y Ricardo (2009) en estudio realizado en las dunas de Playas del Este, Ciudad de La Habana consideran que la predominancia de herbáceas terófitas, hemicriptófitas y geófitas facilitan el arrastre eólico de las arenas hacia tierras interiores y que la escasez de especies meso y nanofanerófitas impide la estabilización de las barras de arena al alcance del intercambio dinámico de la costa, éstos resultados pudieran explicar la escasa presencia de especies y baja distribución equitativa de ellas en las comunidades herbáceas costeras de los Cayos Coco, Guillermo y Paredón Grande.

Sin embargo, del total de especies presentes en estas comunidades (52) sólo tres son sinántropas y exclusivamente aparecen en un cayo, *Rhynchosia minima*, *Urochloa maxima* (Cayo Coco) y *Waltheria indica* (Paredón Grande), el resto de

las especies son típicas de estos ecosistemas naturales, entre ellas se encuentran las endémicas *Coccothrinax littoralis*, *Cordia angiocarpa*, *Cynanchum penicillatum*, *Chamaesyce centunculooides*, *Chamaesyce paredonensis* y *Paspalum insulare*, la composición de especie en estos cayos confirma la naturalidad de las comunidades que se establecen.

Las distribuciones de probabilidad de una variable con respecto a las otras permitieron estimar el grado de solapamiento e influencia entre los estados de las variables, no todas influyeron en la distribución de las especies, algunas de ellas son redundantes. En el análisis de la relación entre la riqueza total y las variables: Posición desde la costa, cobertura y altura media de la vegetación y altitud de las parcelas en los cayos, sólo la disposición de las formaciones vegetales en el gradiente de la costa al interior de los cayos con la riqueza total tuvieron relación (Fig.2).

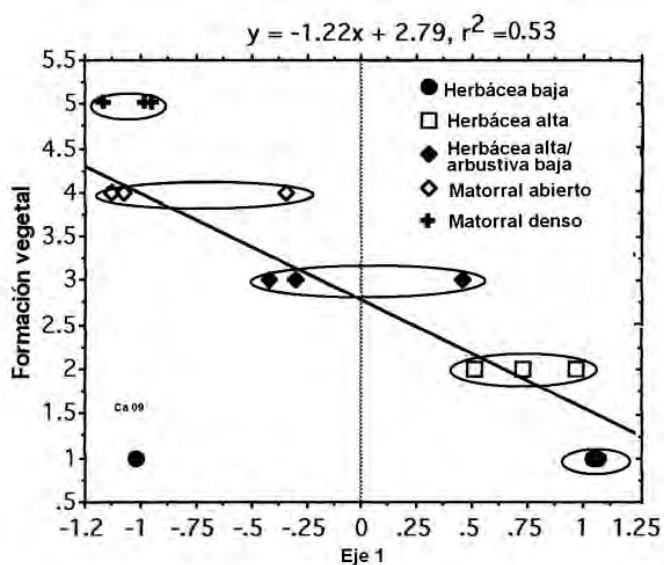


Fig. 2. Relación, de acuerdo con el Análisis de Correspondencia, entre la riqueza total y las variables: posición desde la costa, cobertura y altura media de la vegetación y altitud de las parcelas en los Cayos Guillermo, Coco y Paredón Grande, Archipiélago Sabana Camagüey, Subarchipiélago Camagüey.

La máxima variación florística responde principalmente con un gradiente ambiental desde la costa hacia el interior de los cayos, este gradiente determina diferentes tipos de unidades fisionómicas y florísticas también relacionadas en su distribución y tendencia debido a su redundancia con el primer factor.

Esta tendencia principal se manifiesta en cada uno de los cayos estudiados, con algunas excepciones puntuales como la que muestra la comunidad herbácea costera de Cayo Paredón que contiene una composición de especies similar a la que caracteriza los matorrales de los otros cayos (Fig. 3A). Magaz (1990) al analizar indicadores geólogo-morfológicos observó al oeste de Paredón Grande que existen pequeños sectores donde las barras arenosas están transgrediendo los depósitos turbosos situados a sotavento por lo que en el litoral se presentan raíces descubiertas de mangle y árboles abatidos, tal vez, esto pudiera explicar el comportamiento de la comunidad herbácea costera en este cayo.

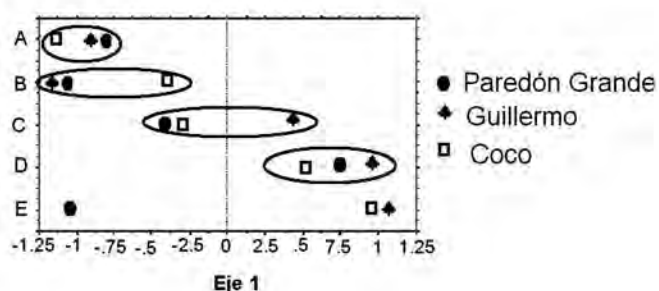


Fig. 3A. Relación, de acuerdo con el Análisis de Correspondencia, entre el gradiente ambiental de las formaciones vegetales desde la costa hacia el interior de los Cayos Guillermo, Coco y Paredón Grande, Archipiélago Sabana Camagüey, Subarchipiélago Camagüey. Leyenda: A-Matorral denso, B-Matorral abierto, C- Herbácea alta/arbustosa baja, D- herbácea alta y E- herbácea baja.

No todas las variables influyen en la distribución de las especies, algunas resultan redundantes. Existe una relación no significativa entre la Amplitud promedio de nicho y la disposición de las formaciones vegetales en el gradiente estudiado (Fig. 3B). Con el fin de discriminar qué factor determina la disposición de la costa al interior de los cayos se analizó la posible relación entre la riqueza total, la equitatividad, la diversidad H' y la Amplitud promedio de nicho, y con excepción de la Amplitud, la posición de las formaciones vegetales en este gradiente está correlacionada con la diversidad total y con los parámetros que la componen (S y J). Esta tendencia se manifiesta en cada cayo, con algunas excepciones puntuales como la que muestra la comunidad herbácea costera de Cayo Paredón que contiene una composición de especies similar (*Cassytha filiformis*, *Cyperus ligularis* y *Ernodea littoralis*) a la que caracteriza los matorrales de los otros dos cayos como sucede con *Cassytha filiformis* que presenta una amplia distribución en estos cayos, al igual que en todo el país. Del resto del total de especies (6) que se presentan en esta formación en Paredón Grande, *Chamaesyce mesembryanthemifolia* y *Distichlis spicata* son especies frecuentes en diferentes formaciones, o sea, no son típicas solamente de la herbácea costera. *Ambrosia peruviana* es muy abundante en estas comunidades.

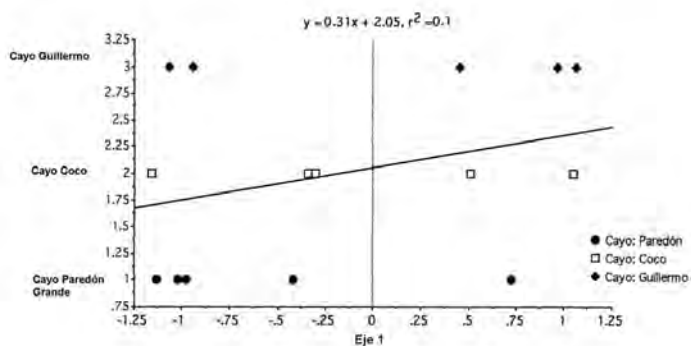


Fig. 3B. Relación, de acuerdo con el Análisis de Correspondencia, entre la Amplitud promedio de nicho con la disposición de las formaciones vegetales en el gradiente de la costa al interior de los Cayos Guillermo, Coco y Paredón Grande, Archipiélago Sabana Camagüey, Subarchipiélago Camagüey.

El gradiente de la costa al interior de los cayos parece tener mas peso que la altitud de las parcelas en la explicación de la tendencia anterior (Fig. 4). Este resultado podría indicar que la vegetación responde con mayor preferencia a la influencia marina (salinidad, viento, tipo de suelo) que a la profundidad de la capa freática. No obstante, la confirmación de esta hipótesis requiere de un registro minucioso de la variación de esta profundidad. Es muy recomendable realizar estudios que permitan delimitar los factores que determinan la variación florística en estos cayos.

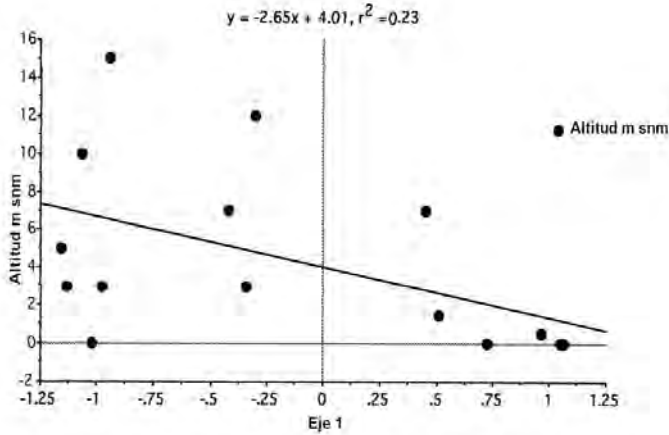


Fig. 4. Relación, de acuerdo con el Análisis de Correspondencia, entre las formaciones vegetales y la altitud en que se localizan las parcelas en los Cayos Coco, Guillermo y Paredón Grande, Archipiélago Sabana Camagüey, Subarchipiélago Camagüey.

Otras variables ambientales inicialmente consideradas como textura (Fig. 5A), hojarasca (Fig. 5B), tipo del suelo (Fig. 5C), cobertura de piedras en el suelo (Fig. 5D), orientación (Fig. 5E), presencia de musgos en el suelo (Fig. 5F), no muestran relación significativa con el primer eje de variación. La incidencia de fuego (Fig. 5G) sobre la vegetación parece ser mínima pasado dos años después de su ocurrencia, se observa que la composición florística no sufre drásticas variaciones.

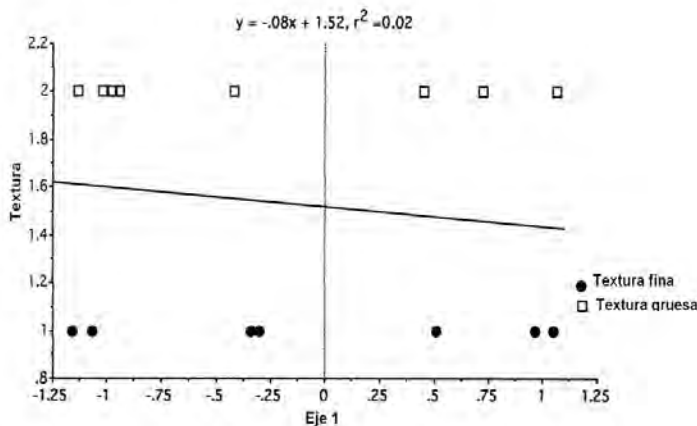


Fig. 5A. Relación, de acuerdo con el Análisis de Correspondencia, entre la textura del suelo y el primer eje de variación en los Cayos Coco, Guillermo y Paredón Grande, Archipiélago Sabana Camagüey, Subarchipiélago Camagüey.

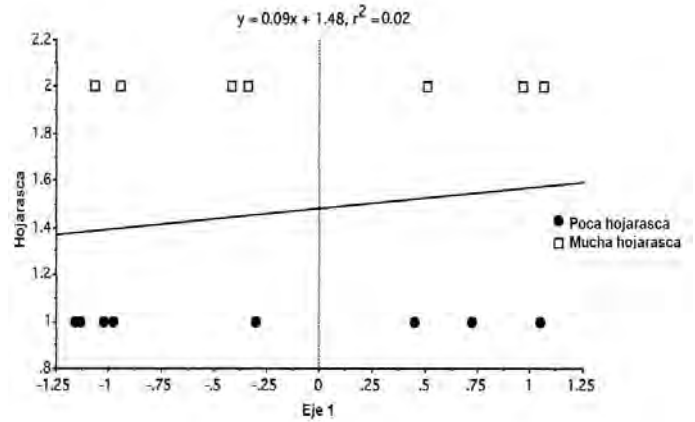


Fig. 5B. Relación, de acuerdo con el Análisis de Correspondencia, entre la hojarasca depositada en el suelo y el primer eje de variación en los Cayos Coco, Guillermo y Paredón Grande, Archipiélago Sabana Camagüey, Subarchipiélago Camagüey.

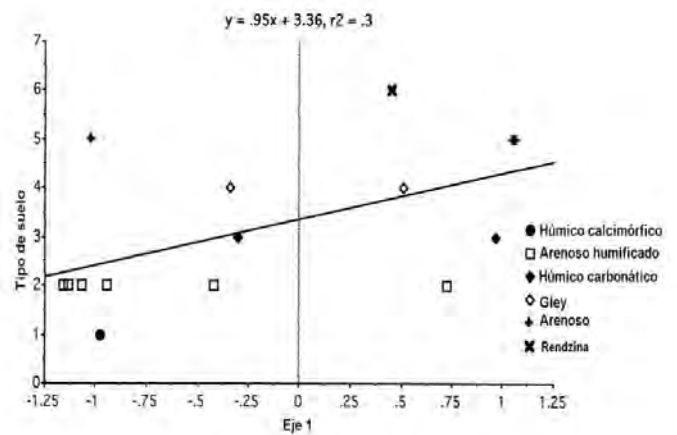


Fig. 5C. Relación, de acuerdo con el Análisis de Correspondencia, entre el tipo de suelo y el primer eje de variación en los Cayos Coco, Guillermo y Paredón Grande, Archipiélago Sabana Camagüey, Subarchipiélago Camagüey.

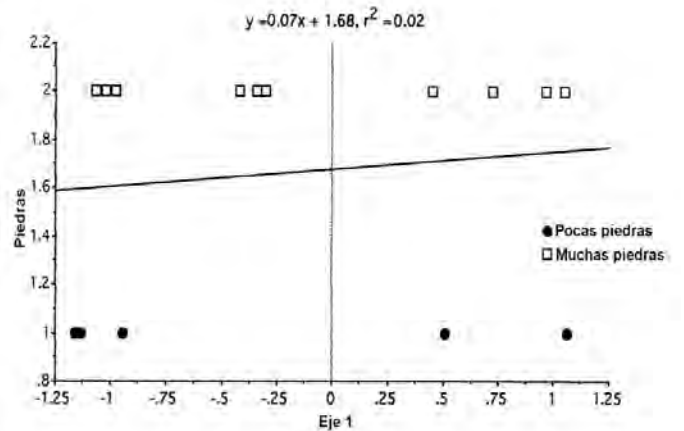


Fig. 5D. Relación, de acuerdo con el Análisis de Correspondencia, entre la cobertura de piedras superiores a 5 cm presentes en el suelo y el primer eje de variación en los Cayos Coco, Guillermo y Paredón Grande, Archipiélago Sabana Camagüey, Subarchipiélago Camagüey.

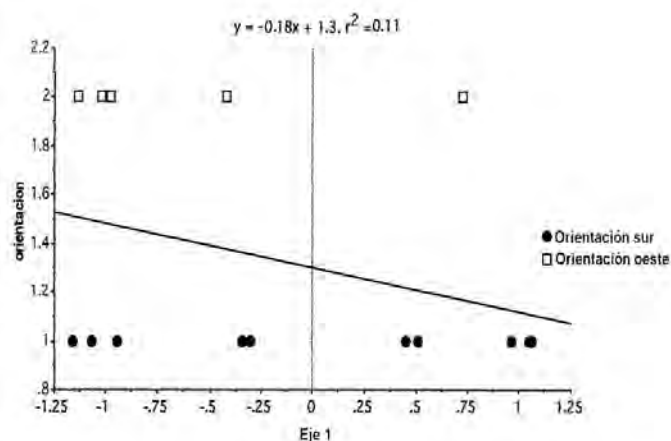


Fig. 5E. Relación, de acuerdo con el Análisis de Correspondencia, entre la orientación de las comunidades y el primer eje de variación en los Cayos Coco, Guillermo y Paredón Grande, Archipiélago Sabana Camagüey, Subarchipiélago Camagüey.

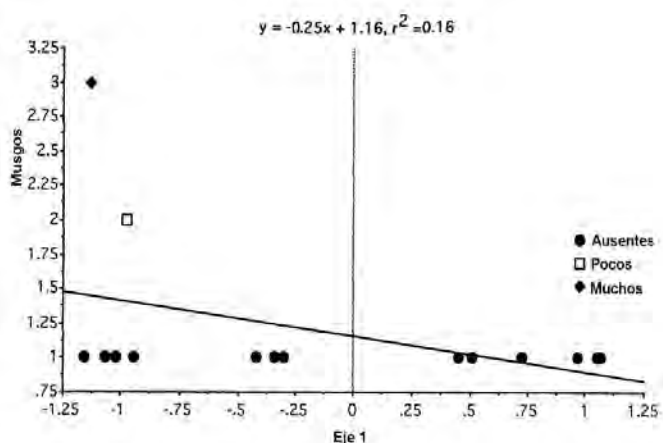


Fig. 5F. Relación, de acuerdo con el Análisis de Correspondencia, entre la presencia de musgos en el suelo y el primer eje de variación en los Cayos Coco, Guillermo y Paredón Grande, Archipiélago Sabana Camagüey, Subarchipiélago Camagüey.

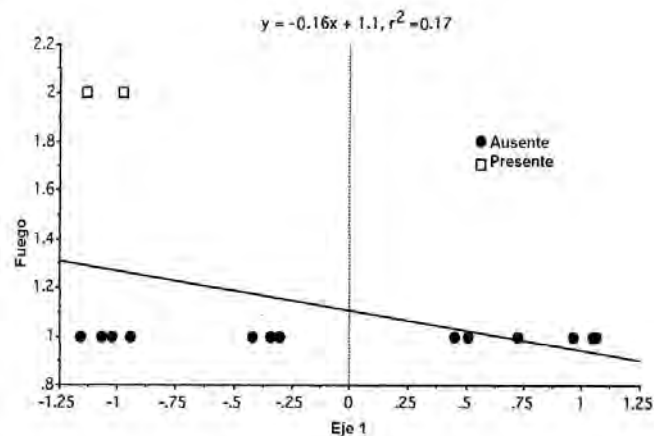


Fig. 5G. Relación, de acuerdo con el Análisis de Correspondencia, entre la ocurrencia de fuego y el primer eje de variación en los Cayos Coco, Guillermo y Paredón Grande, Archipiélago Sabana Camagüey, Subarchipiélago Camagüey.

En cuanto a las variables biológicas se observa una relación clara entre la altura de la vegetación y la composición florística (Fig. 6A), sin embargo, esta relación no es tan evidente con la cobertura de la vegetación (Fig. 6B). En las formaciones más densas de matorral la presencia de musgos es mayor lo que podría tener cierta relación con los incendios (coincide su presencia en las dos parcelas donde ocurrieron incendios) ya que estas parcelas son las únicas donde se registraron presencia media o abundante cantidad de musgos. La abundancia de moluscos no muestra una relación significativa con la variación florística principal, seguramente, debido a la distinta escala espacial de respuesta de estos organismos.

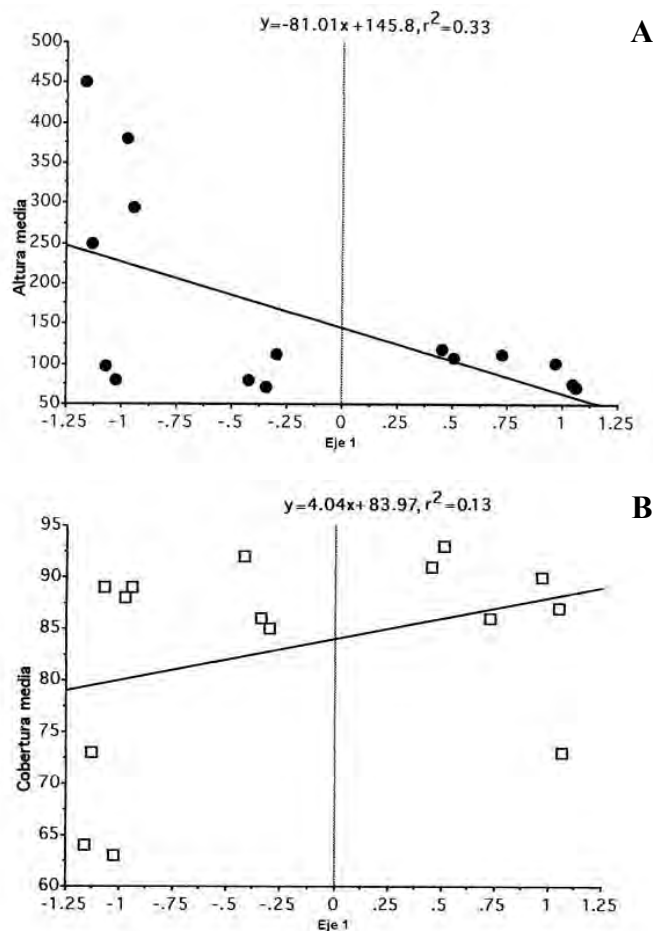


Fig. 6. Relación, de acuerdo con el Análisis de Correspondencia, entre la altura media de las especies (A) y cobertura media de la vegetación (B) y el primer eje de variación en los Cayos Coco, Guillermo y Paredón Grande, Archipiélago Sabana Camagüey, Subarchipiélago Camagüey.

Al considerar las observaciones (Tabla 2) divididas en tres grupos (15 comunidades, los 3 cayos y las 5 formaciones vegetales) se obtiene que la amplitud media de nicho de las comunidades es la menor con segregación y organización mayor, mínimo azar y solapamiento de nicho mínimo, las comunidades son muy evolucionadas lo que indica que éstas ocupan ambientes específicos bien delimitados, son especialistas y pueden ser muy afectadas ante una perturbación fuerte.

Tabla 2. División en tres partes de todas las observaciones ordenadas por cada cayo en Coco, Guillermo y Paredón Grande, Archipiélago Sabana Camagüey, Subarchipiélago Camagüey. H(EP)-entropía especies parcelas, H(E)- entropía de especies, H(P/E)-parcelas condicionadas a las especies, H(P)- entropía de las parcelas, H (E/P)- especies condicionadas a las parcelas, An- amplitud de nicho promedio de las especies, Sn- solapamiento de nicho.

	H (EP)	H(E)	H (P/E)	H(P)	H (E/P)	An	Sn
Para 15 comunidades	5.48	3.98	1.50	3.78	1.70	0.38	0.30
Para los 3 cayos	4.93	3.98	0.95	1.56	3.37	0.60	0.59
Para los 5 tipos de comunidades	5.04	3.98	1.06	2.26	2.78	0.46	0.49

Coincide, en las tres variantes, que la diversidad de especies es alta y alcanza el mismo valor (3.98) lo que confirma que las especies juegan un papel preponderante en la tipificación tanto de las comunidades vegetales como de los cayos. En el grupo de las 15 comunidades se presenta valores mínimos de H(E/P), H (P/E), y máximos de H(E) y H(P), lo que nos confirma que estas comunidades son maduras y están en etapas sucesionales avanzadas aunque no totalmente estabilizadas. Margalef (1974) considera que los valores de diversidad biológica se utilizan frecuentemente como indicadores del grado de madurez u organización de los ecosistemas.

Al analizar la An en las especies en relación con las cinco formaciones, los tres cayos y las 15 comunidades (Fig. 7, Tabla 3) se observan cuatro grupos: dos de ellos corresponden a las especies con An = 0 (24 especies) o con valores muy bajos (3 especies) integrado por especies heliófilas invasoras: *Rhynchosia minima*, *Waltheria indica* y *Urochloa maxima*, el tercero y cuarto grupo con valores intermedios (22 especies) y con máximos (4 especies) *Cassytha filiformis*, *Chamaesyce mesembryanthemifolia*, *Distichlis spicata* y *Jacquemontia havanensis*, las especies que integran estos dos últimos grupos son generalistas, a medida que el valor de amplitud de nicho es mayor éstas son mas abundantes y frecuentes en los ecosistemas arenosos costeros.

La organización espacial de las comunidades vegetales relacionada con variables ambientales y biológicas como la flora predominante, el alto porcentaje de endemismos, y el nivel de conservación que muestran estos cayos confirman el estado de naturalidad de las comunidades que se establecen.

Estos resultados permiten identificar este recurso natural como indicador ecológico de sostenibilidad y salud; considerando como sostenible (Costanza *et al.*, 1992, 1998) el sistema que sobrevive o persiste. Las formaciones vegetales de los Cayos Guillermo, Coco y Paredón Grande son estables y han mantenido una adecuada organización, autonomía en el tiempo, estructura y patrones dinámicos de desarrollo en presencia de estrés (impactos originados por el turismo), estas características permiten afirmar que representan ecosistemas con alta salud. por lo que debe analizarse con profundidad cualquier gestión o manejo del recurso natural que se desee efectuar en estos territorios.

Al respecto, Molina (1998) plantea que el conocimiento de la diversidad biológica es un indicador de la salud de muchas relaciones ecológicas y que está estrechamente relacionada con

los cambios que toma el valor de este parámetro en determinado momento y lugar; Pineda (1992) considera que proteger la diversidad equivale a proteger su organización y la conservación de la máxima diversidad no está determinada sólo por los factores físicos del ecosistema sino también por el uso de su espacio.

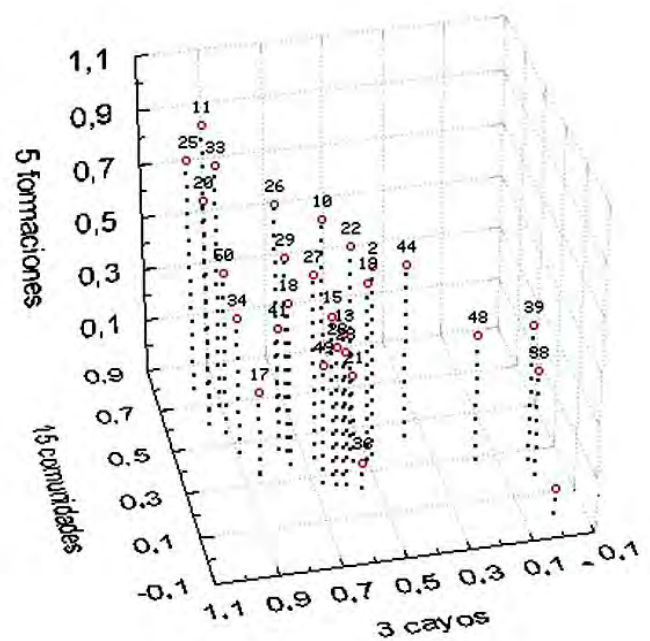


Fig. 7. Relación, según el Análisis de Correspondencia, de las Amplitudes de nicho de las especies con 5 formaciones vegetales, 3 cayos y 15 comunidades vegetales en los Cayos Coco, Guillermo y Paredón Grande, Archipiélago Sabana Camagüey, Subarchipiélago Camagüey. Leyenda: 3- *Ambrosia hispida*, 5- *Ambrosia peruviana*, 6- *Antirhea myrtifolia*, 7- *Borrhicia arborescens*, 8- *Bucida spinosa*, 9- *Bumelia celastrina*, 10- *Caesalpinia bahamensis*, 11- *Canavalia maritima*, 14- *Coccoloba diversifolia*, 16- *Colubrina arborescens*, 18- *Cordia angiocarpa*, 26- *Chrysobalanus icaco*, 32- *Guaiacum officinale*, 33- *Heliotropium curassavicum*, 34- *Ipomoea pes-caprae*, 39- *Metopium toxiferum*, 42- *Paspalum insulare*, 44- *Pavonia fruticosa*, 45- *Rhynchosia minima*, 47- *Schizachyrium gracile*, 48- *Sporobolus virginicus*, 49- *Stigmaphyllon sagraeanum*, 53- *Waltheria indica*, 54- *Zamia debilis*.

CONCLUSIONES

- ◆ Los parámetros de diversidad responden a las condiciones de naturalidad.
- ◆ Los matorrales son las formaciones vegetales más diversas y evolucionadas con mayor organización espacial y alto grado de especialización de sus especies.
- ◆ Las unidades fisionómicas y florísticas responden a un gradiente ambiental desde la costa hacia el interior de los cayos que determina diferentes tendencias en su distribución.
- ◆ La posición de las formaciones vegetales está correlacionada significativamente con altos valores de diversidad respondiendo a la riqueza y la equitatividad.
- ◆ La diversidad de especies es alta confirmando que éstas juegan un papel preponderante en la tipificación de las comunidades vegetales y de los cayos.

Tabla 3. Amplitudes de nicho (An). Los números entre paréntesis responden a las especies que aparecen en la Fig. 7.

ESPECIES CON An = 0	ESPECIES CON An BAJOS	ESPECIES CON An INTERMEDIOS	VALORES CON An ALTOS
<i>Ambrosia hispida</i> (1)	<i>Pancratium arenicola</i> (38)	<i>Casasia clusiaefolia</i> (10)	<i>Cassytha filiformis</i> (11)
<i>Ambrosia peruviana</i> (3)	<i>Urochloa maxima</i> (39)	<i>Coccothrinax littoralis</i> (13)	<i>Chamaesyce mesembryanthemifolia</i> (20)
<i>Antirhea myrtifolia</i> (4)	<i>Strumpfia maritima</i> (48)	<i>Conocarpus erecta</i> (15)	<i>Distichlis spicata</i> (25)
<i>Borrchia arborescens</i> (5)		<i>Cynanchum penicillatum</i> (17)	<i>Jacquemontia havanensis</i> (33)
<i>Bucida spinosa</i> (6)		<i>Cyperus ligularis</i> (18)	
<i>Bumelia celastrina</i> (7)		<i>Cyperus planifolius</i> (19)	
<i>Caesalpinia bahamensis</i> (8)		<i>Chamaesyce centunculoides</i> (21)	
<i>Canavalia maritima</i> (9)		<i>Chamaesyce paredonensis</i> (22)	
<i>Coccoloba diversifolia</i> (12)		<i>Chloris inflata</i> (23)	
<i>Colubrina arborescens</i> (14)		<i>Erithalis fruticosa</i> (26)	
<i>Cordia angiocarpa</i> (16)		<i>Ernodea littoralis</i> (27)	
<i>Chrysobalanus icaco</i> (24)		<i>Fimbristylis spathacea</i> (28)	
<i>Guaiacum officinale</i> (30)		<i>Flaveria linearis</i> (29)	
<i>Heliotropium curassavicum</i> (31)		<i>Lantana involucrata</i> (35)	
<i>Ipomoea pes-caprae</i> (32)		<i>Maytenus phyllanthoides</i> (36)	
<i>Metopium toxiferum</i> (37)		<i>Paspalum pleostachyum</i> (41)	
<i>Paspalum insulare</i> (40)		<i>Rhynchosia minima</i> (43)	
<i>Pavonia fruticosa</i> (42)		<i>Salmea petrobioides</i> (44)	
<i>Rhynchosia minima</i> (43)		<i>Suriana maritima</i> (49)	
<i>Schizachyrium gracile</i> (45)		<i>Jacquinia keyensis</i> (34)	
<i>Sporobolus virginicus</i> (46)		<i>Uniola paniculata</i> (50)	
<i>Stigmaphyllon sagraeanum</i> (47)			
<i>Waltheria indica</i> (51)			
<i>Zamia media</i> (52)			

RECOMENDACIONES

Cuando se desee realizar algún manejo ambiental o socioeconómico en estos territorios deben considerarse los resultados que se ofrecen en el presente trabajo.

Agradecimientos. El presente artículo científico fue posible gracias al Proyecto GEF/PNUD "Sabana Camagüey" que subvencionó su realización. A la Facultad de Biología, Departamento de Ecología de la Universidad Complutense de Madrid por haber facilitado un fructífero intercambio científico con los especialistas de esa institución. Al Dr. José Manuel de Miguel Garcinuño por la ayuda prestada en el procesamiento y análisis de los datos.

REFERENCIAS

- Adams, C. D. 1972. *Flowering plants of Jamaica*. R. MacLehose and Co., The University Press, Glasgow, 848 pp.
- ACC-ICGC. 1990. *Estudio de los grupos insulares y zonas litorales del archipiélago cubano con fines turísticos. Cayos Guillermo, Coco y Paredón Grande*. Editorial Científico-Técnica. Ciudad de La Habana, 180 pp.
- Alain, Hno. 1964. *Flora de Cuba*, V. Asociación de estudiantes de ciencias biológicas, Publicaciones, La Habana, 363 pp.
- 1974. *Flora de Cuba*. Suplemento. Instituto Cubano del Libro, La Habana, 150 pp.
- Álvarez de Zayas A. y N. Ricardo. 2009. Flora y vegetación de Playas del Este, Ciudad de La Habana, Cuba I. Flora de las dunas. *Acta Bot. Cub.* 205: 1-9
- Bässler, M. 1998. Mimosaceae. En: *Flora de la República de Cuba*. Serie A. Plantas vasculares, 2. Königstein
- Benzecri, J. P. 1980. L'analyse des sonnés. II. L'analyse des correspondances. Dunot. Paris. 632 pp.
- Beyra A. 1988. Las Leguminosas (Fabaceae) de Cuba I (Crotalariaeae, Aeschinomenae, Millettiae y Robinieae. *Collectanea Botanica* 4: 149-332.
- Braun-Blanquet, J. 1951. *Pflanzensoziologie*, Springer-Verlag, Viena, 631 pp.
- Costanza R., M. Mageau, B. Norton y B. C. Patten. 1998. Predators of ecosystem health. p. 240-250. En Rapport *et al.* (1998).
- Costanza R. 1992. Toward an operational definition of health. In: Costanza R, Norton B, Haskell B. Eds. *Ecosystem health: new goals for environmental management*. Washington, DC: Island Press.
- De Miguel J. M., N. Ricardo, G. Castillo y M.A. Casado. 1997. Caracterización de la diversidad biológica en la Sierra de los Tuxtlas (México). Su utilidad como indicador de un gradiente de naturalidad-perturbación. Curso CYTED. Xalapa, México. 1-15 pp.
- Catasús, L. 1997. Las gramíneas (Poaceae) de Cuba, I. *Fontqueria* XLVI:1-259
- Howard, R. A., 1979. *Flora of the Lesser Antilles, Leeward and Windward Islands*, 3. Jamaica Plain.
- 1988. *Flora of the Lesser Antilles, Leeward and Windward Islands*, 4. Jamaica Plain.
- 1989a. *Flora of the Lesser Antilles, Leeward and Windward Islands*, 5. Jamaica Plain.
- 1989b. *Flora of the Lesser Antilles, Leeward and Windward Islands*, 6. Jamaica Plain.
- León, Hno. 1946. *Flora de Cuba* Vol. I. Contrib. Ocas. Mus. Hist. Nat. Colegio de la Salle 8(1): 1-441.
- León, Hno. y Hno. Alain. 1951. *Flora de Cuba* Vol. II. Contrib. Ocas. Mus. Hist. Nat. Colegio de la Salle 10:1-456.
- 1953. *Flora de Cuba* Vol. III. Contrib. Ocas. Mus. Hist. Nat. Colegio de la Salle 13: 1-502.
- 1957. *Flora de Cuba* Vol. IV. Contrib. Ocas. Mus. Hist. Nat. Colegio de la Salle 16: 1-556
- Liogier, A. H. 1982. La Flora de la Española. Vol. I. Universidad Central del Este, Centenario de San Pedro de Macoris, Vol. VI, *Serie Científica* XII, Santo Domingo. Rep. Dom., 317 pp.
- 1983. La Flora de la Española. Vol. II. Universidad Central del Este, Centenario de San Pedro de Macoris, Vol. XLIV, *Serie Científica* XV, Santo Domingo. Rep. Dom., 420 pp.

- 1985a. La Flora de la Española. Vol. III. Universidad Central del Este, Centenario de San Pedro de Macoris, Vol. LVI, *Serie Científica XXII*, Santo Domingo. Rep. Dom., 431 pp.
- 1985b. *Descriptive flora of Puerto Rico and adjacent island. Spermatophyta*. Vol. I. Casuarinaceae to Connaraceae. Editorial de la Universidad de Puerto Rico (impreso en República Dominicana, Ediciones de la UCE, Editora Taller, 377 pp.
- 1986. La Flora de la Española. Vol. IV. Universidad Central del Este, Centenario de San Pedro de Macoris, Vol. LXIV, *Serie Científica XXIV*, Santo Domingo. Rep. Dom., 377 pp.
- 1988. *Descriptive flora of Puerto Rico and adjacent island. Spermatophyta*. Vol. II. Leguminosae to Anacardiaceae. Editorial de la Universidad de Puerto Rico (impreso en República Dominicana), 481 pp.
- 1989. La Flora de la Española. Vol. V. Universidad Central del Este, Centenario de San Pedro de Macoris, Vol. LXIX, *Serie Científica XXVI*, Santo Domingo. Rep. Dom., 398 pp.
- 1994a. *Descriptive flora of Puerto Rico and adjacent island. Spermatophyta*. Vol. V. Acanthaceae to Compositae. Editorial de la Universidad de Puerto Rico (impreso en República Dominicana), 436 pp.
- 1994b. La Flora de la Española. Vol. VI. Universidad Central del Este, Centenario de San Pedro de Macoris, Vol. LXX, *Serie Científica XXVII*, Santo Domingo. Rep. Dom. 518 pp.
- 1995a. *Descriptive flora of Puerto Rico and adjacent island. Spermatophyta*. Vol. IV. Melastomataceae to Lentibularaceae. Editorial de la Universidad de Puerto Rico (impreso en República Dominicana), 617 pp.
- Magaz, A. 1990. Geomorfología de territorios emergidos. *Estudio de los grupos insulares y zonas litorales del archipiélago cubano con fines turísticos. Cayos Guillermo, Coco y Paredón Grande*. Editorial Científico-Técnica. Ciudad de La Habana, 180 pp.
- Magurran, A.E. 1989. Diversidad ecológica y su medición. *Vedrá*. Barcelona. 202 pp.
- Margalef, R. 1974. *Ecología*. Omega. Barcelona. 951 pp.
- Molina F. 1998. Gestión de la biodiversidad en las estrategias regionales de conservación. Aplicación de los acuerdos internacionales. En Pineda *et al.* (1998).
- Pielou, E. C. 1969. *An introduction to mathematical ecology*. Wiley. New York.
- 1975. *Ecological diversity*. Wiley. New York. 384 pp.
- Pineda, F., J. M. Miguel y M. A. Casado. 1998. *Diversidad biológica y cultura rural en la gestión ambiental del desarrollo*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 93-116 p.
- Pineda, F. D. 1991. Conservación de la naturaleza y diversidad biológica. *Panda* (ADENA-WWF). 36:19-26.
- 1992. Al amparo de la directiva de hábitats. *Ecología y Sociedad* (2):49-50.
- Pineda, F. D., J. P. Nicolás, B. Peco y F. G. Bernáldez. 1981a. Succession, diversité et amplitude de niche dans les pâtures du centre de la peninsule iberique. *Vegetatio* 47: 267-277.
- Pineda, F. D., J. P. Nicolás, y M. Ruiz 1981b. Diversidad y nicho espacial en pastizales mediterráneos. Memoria del Coloquio sobre Ecología y Biogeografía. Guadalajara 28-31 marzo 1979. Sociedad Española de Ecología y Biogeografía, Madrid. 78-82 pp.
- Rapport, D., R. Costanza, P. R. Epstein, C. Gaudet y R. Levins. 1998. *Ecosystem Health*. Blackwell Science. USA 372 pp.
- Ricardo, N., y J. M. De Miguel. 2002. Variabilidad florística y diversidad biológica en pastizales de la Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario, Cuba. *Acta Bot. Cub.*, 156:1-9.
- Ricardo, N., E. Pouyú, P. Herrera. 1995. The Synanthropic Flora of Cuba. *Fontqueria* 42:367-429.
- Shannon, C. y W. Weaver. 1949. *The mathematical theory of communication*. Univ. Illinois Press. Illinois. 434 pp.
- Sokal, R. R. y F. J. Rohlf. 1969. *Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. Blume ediciones. Madrid. 832 pp.
- Tüxen, R. y H. Ellenberg. 1937. Der systematische und ökologische Gruppenwert. Ein Beitrag zur Begriffsbildung und Methodik der Pflanzensoziologie. *Mitt. Flor.-Soz. Arbeitsgem.* 3:171-184.

Nancy Esther Ricardo Nápoles. Investigadora Titular. Doctora en Ciencias Biológicas. Especialista en Ecología del Centro Nacional de Biodiversidad. Instituto de Ecología y Sistemática, La Habana, Cuba
✉ nancy@ecologia.cu
