

00381

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO 12



FACULTAD DE CIENCIAS

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**AFINIDADES FITOGEOGRÁFICAS ENTRE
YUCATÁN Y CUBA: UN ANÁLISIS
CUANTITATIVO DE IMPLICACIONES
BIOGEOGRÁFICAS Y DE CONSERVACIÓN
DE LA BIODIVERSIDAD**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

DOCTOR EN CIENCIAS (BIOLOGÍA)

P R E S E N T A

CARLOS JORGE CHIAPPY JHONES

MÉXICO, D.F.

2001



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**A Ayenia, mi mayor tesoro
y a mi maestro y amigo Dr. Andrés Kolychkine,
quien me enseñó no sólo el camino del Judo
sino también a andar por la vida.**

Agradecimientos

A mi esposa y colega por todo su amor, apoyo y por estar siempre a mi lado, en los buenos y malos momentos, y quien ha sido parte fundamental e indispensable en la conclusión, tanto de mi tesis de maestría como de doctorado.

Al Doctor Victor Rico-Gray, director de tesis, por su ayuda, apoyo y confianza que me brindó en todo momento durante el desarrollo de este doctorado. A mis co-directores Dr. Lorrain Giddings quien desde mi llegada a México me ha dado todo su apoyo y amistad y al Dr. Alejandro Velázquez por sus acertadas observaciones.

Al Doctor Gustavo Tolson por su colaboración y sugerencias en la rama de la geología y paleogeografía que enriquecieron esta parte de la tesis, así como por su participación como sinodal en el examen predoctoral y de grado. A los Doctores Héctor Hernández, Guillermo Ibarra y Doctor Francisco Javier Álvarez por sus comentarios a este documento, los cuales fueron de gran ayuda para mejorar y enriquecer la versión final de la tesis.

Al Doctor José Franco por su gran ayuda para organizar y llevar a cabo el examen de conocimientos, así como a la Doctora Ma. Luisa Martínez por su ayuda y sugerencias.

Deseo expresar un especial agradecimiento a la Doctora Margarita Collazo, a quien conocí hace ya algunos años cuando era estudiante de licenciatura en Ciencias de Biológicas en la Universidad de La Habana y años después tuve la suerte de que me abriera las puertas de la Facultad de Ciencias brindandome en todo momento su amistad, ayuda y solidaridad, tanto en mi tesis de maestría como de doctorado.

También de forma muy especial quiero agradecer a la ya casi doctora Gabriela Castaño, quizás pequeña de estatura pero inmensa de corazón, quien sin apenas conocerme, me ha prestado su ayuda en todo momento, además de tenerme una increíble paciencia.

Al Doctor Pedro Herrera curador del herbario del Instituto de Ecología y Sistemática, quien contribuyó grandemente a mi conocimiento de la flora de Cuba y quien me ayudó en la identificación de gran parte de las especies colectadas. Al Doctor Enrique del Risco por sus enseñanzas en el trabajo de campo y en el conocimiento de la naturaleza de mi país. Al Doctor Atila Borhidi por su revisión al manuscrito de la tesis, la eliminación de algunas sinonimias y por sus valiosos comentarios. Al Doctor Milán Ruzicka por sus enseñanzas en la Ecología del Paisaje. A mis amigos y colegas geógrafos cubanos, que tanto me enseñaron y en especial a la Doctora Luisa Íñiguez, por sus enseñanzas en la comprensión y estudio de los paisajes. Agradezco a la Academia de Ciencias de Cuba y a todos los compañeros del Instituto de Ecología y Sistemática que a pesar de las muchas dificultades, en algún momento colaboraron conmigo en diferentes investigaciones.

Por último agradezco a la Doctora Margarita Soto Jefa del Departamento de Diagnóstico Regional del Instituto de Ecología A.C. de Xalapa Veracruz, por todo su apoyo y a mis niñas Rosy, Magda y Mary.

Resumen registrado en TESIGRADO

Las relaciones y afinidades florísticas existentes entre la flora vascular de la península de Yucatán y las Antillas Mayores, especialmente con Cuba, han sido históricamente motivo de interés para botánicos y fitogeógrafos. Es por ello, que el objetivo principal de este trabajo, fue brindar bajo un enfoque geosistémico, un mayor conocimiento sobre las afinidades fitogeográficas que presentan los diferentes geocomplejos cársicos de la península de Yucatán, con los paisajes cársicos que se presentan en algunas áreas del archipiélago cubano. Para su desarrollo metodológico la investigación contó con tres etapas. En la primera se brinda el estudio y caracterización de los paisajes de la península de Yucatán; en la segunda se realizó el estudio cuantitativo sobre las afinidades florísticas entre la península de Yucatán y diferentes áreas cársicas del archipiélago cubano. Por último, se llevó a cabo un estudio de las modificaciones y de la fragmentación que han impactado a los diferentes geocomplejos de la península de Yucatán, para tener un mejor punto de vista para realizar un análisis acerca de como éstas modificaciones pudiesen influir entre las afinidades florísticas de los territorios estudiados. Los resultados obtenidos sugieren que las afinidades existentes entre la península de Yucatán y Cuba son mucho más relevantes de lo que hasta ahora se había estimado. Sin duda, no se puede descartar que la drástica modificación que presentan algunos de los sistemas territoriales naturales de la península, aunado a la fragilidad y grado de amenaza de los mismos, ha originado cierta pérdida de su diversidad florística.

Contenido

Resumen	1
Capítulo I	
Introducción General	3
Aspectos generales sobre los estudios biogeográficos	4
Biogeografía y Ecología del Paisaje	5
Antecedentes históricos y fitogeográficos de las relaciones florísticas entre la Península de Yucatán y Cuba	9
Evidencias geológicas y paleogeográficas	11
Capítulo II	
Características de los paisajes terrestres actuales de la península de Yucatán	27
Capítulo III	
Floristic affinities between the Yucatan peninsula and some karstic areas of cuba	41
Capítulo IV	
Fragmentación y modificaciones de los geocomplejos de la península de Yucatán y sus posibles implicaciones fitogeográficas	65
Capítulo V	
Discusión General	94
Caracterización paisajística de la península de Yucatán	95
Afinidades florísticas entre la península de Yucatán y el archipiélago Cubano	96
Modificación y fragmentación de los geocomplejos de la península de Yucatán	102
Fragilidad y grado de amenaza de los geocomplejos de la península de Yucatán	105
Capítulo VI	
Conclusiones	113
Literatura citada	117
Apéndice 1	124

Resumen

Es conocido que las relaciones y afinidades florísticas existentes entre la flora vascular de la península de Yucatán y las Antillas Mayores, especialmente con Cuba, han sido históricamente motivo de interés para botánicos y fitogeógrafos (e.g., Standley, 1930; Miranda, 1958; Rzedowski, 1978; Alain, 1958; Samek, 1973; Espejel, 1987; Borhidi, 1973, 1985, 1991; Estrada-Loera, 1991). Dadas las opiniones antes mencionada, se evidenció que aunque las afinidades florísticas entre Cuba y la península de Yucatán ya han sido objeto de análisis, no se contaba hasta el momento con un trabajo que aportara de manera clara y cuantitativa las relaciones existentes entre ambos territorios, a pesar de ser un aspecto de gran interés fitogeográfico y para la preservación de la biodiversidad de la región Caribe. Es por ello que el objetivo principal de este trabajo es brindar, bajo un enfoque geosistémico un mayor conocimiento sobre las afinidades fitogeográficas que presentan los diferentes geocomplejos cársicos de la península de Yucatán con los paisajes cársicos que se presentan en algunas áreas del archipiélago cubano. Para su desarrollo metodológico la investigación contó con tres etapas. En la primera se brinda el estudio y caracterización de los paisajes de la península de Yucatán; en la segunda se realizó el estudio cuantitativo sobre las afinidades florísticas entre la península de Yucatán y diferentes áreas cársicas del archipiélago cubano. Por último se llevó a cabo un estudio de las modificaciones y de la fragmentación que han impactado a los diferentes geocomplejos de la península de Yucatán, de forma de tener un mejor punto de vista de análisis acerca de, como éstas modificaciones pudiesen influir entre las afinidades florísticas de los territorios estudiados. Desde un punto de vista fitogeográfico, la presencia en la península de Yucatán de géneros que hasta el momento eran considerados restringidos a la región antillana y algunos a la región del Caribe ratificó una mayor relación fitogeográfica entre este territorio y la región antillana y caribeña, de lo que hasta el momento se había registrado. De las formas de vida encontradas entre las especies

comunes a Cuba y la península de Yucatán (880 taxa), se pudo apreciar que las especies herbáceas son las predominantes, las cuales se correlacionan mayormente con los taxa de amplia distribución como gramíneas, cyperáceas y algunas especies de leguminosas y euphorbiáceas, tal como se reflejó en los análisis estadísticos realizados. De acuerdo con Gentry (1982) los taxa comunes a las zonas estudiadas (33%), son especies pertenecientes a familias de centro amazónico. También se observó un porcentaje alto (32%) de taxa de amplia distribución provenientes de familias de origen incierto como son gramíneas y cyperáceas. Otro grupo interesante de taxa, son los que presentan una distribución restringida a Cuba y a la Península de Yucatán (1.4%), los cuales son especies de la parte occidental de Cuba, principalmente de la Península de Guanahacabibes y el sur de Isla de la Juventud. Una distribución que posiblemente refleja el papel que jugaron las Proto-Antillas en la migración de taxa provenientes, al parecer, del "Cerrado Brasileño" (Chiappy y Gama, 1997), son aquellas cuya distribución es Cuba-Jamaica-Yucatán (0.3%). Esta migración, por cierto muy antigua, implica una dirección hacia Las Antillas y de éstas a Yucatán, que es independiente de las grandes migraciones ocurridas una vez cerrado el Istmo de Panamá en épocas geológicas más recientes. Otro conjunto de taxa de importancia relevante son los denominados antillanos, que implica una extensión que ocupa el sur de la Florida, al Archipiélago de Bahamas y las Antillas Mayores. Un grupo significativo dentro de estas relaciones fitogeográficas son los taxa caribeños, los cuales implican el 23% del total. Con lo que respecta al estudio de la fragmentación de los geocomplejos realizado para hacer el análisis biogeográfico, se encontró que de los tres estados de la península de Yucatán, el estado de Quintana Roo es donde mejor se encuentran conservados los geocomplejos naturales, precedido del estado de Campeche, siendo el estado de Yucatán donde existe la mayor transformación de sus paisajes. Sin duda, no se puede descartar que la drástica modificación que presentan algunos de los sistemas territoriales naturales de la península, aunado a la fragilidad y grado de amenaza de los mismos, haya originado cierta pérdida de su diversidad florística.

Capítulo I

Introducción General

Aspectos generales sobre los estudios biogeográficos

En los últimos tiempos, la biogeografía vista a la luz de la fitogeografía y de la zoogeografía, se ha revelado como una ciencia fundamental en aquellos esfuerzos y estrategias, tanto a nivel local, como nacional o global, encaminados a preservar la biodiversidad, ya que a través de todos sus enfoques intenta esclarecer la distribución geográfica de los seres vivos. Sin embargo, después de las imprecisiones encontradas en el modelo postulado por MacArthur y Wilson (1963) y posteriormente desarrollado por diferentes autores, Espinosa y Llorente (1993) mencionan que existen biogeógrafos que tienen sus dudas acerca de la importancia de la biogeografía en la preservación de la biodiversidad.

De acuerdo con la concepción de este estudio, la importancia de tomar en consideración a la biogeografía dentro de las tareas encaminadas a la preservación de la biodiversidad, es que en la actualidad se hace apremiante entender, definir y cuantificar la compleja composición biótica y estabilidad de los diferentes tipos de geosistemas, que bajo un constante proceso de asimilación antropogénica, van quedando cada vez mas fragmentados (Forman y Godron, 1986; Saunders, *et al.*, 1991; Forman, 1995).

Desde el siglo pasado, se reconocen dos enfoques principales para abordar el estudio de la distribución de los seres vivos, surgiendo una división primaria de la biogeografía en ecológica e histórica (Espinosa y Llorente, 1993). A su vez, dentro de la biogeografía histórica, se consideran cinco métodos básicos: dispersionismo, panbiogeografía, biogeografía filogenética, biogeografía cladística y el análisis parsimonioso de endemismo (PAE) (Morrone & Crisci, 1995). No obstante, se han hecho evidentes las fuertes contradicciones entre la biogeografía ecológica y la biogeografía histórica, y dentro de ésta última, entre las diferentes tendencias o enfoques que se han

desarrollado. En este sentido Morrone y Crisci (1995), consideran que el origen de los diferentes modelos biogeográficos no deben de ser ni totalmente históricos, ni totalmente ecológicos, sino que deben complementarse mutuamente. Por otra parte, estos mismos autores consideran a su vez, que dentro de la biogeografía histórica los diferentes enfoques existentes deben de integrarse y complementarse de manera que posibilite la utilización de cada uno dentro de las diferentes etapas de la investigación biogeográfica.

A partir de los años ochenta, otras esferas de la ciencia se han incorporado a los estudios biogeográficos, ante el reconocimiento e importancia que muchos investigadores le otorgan a la biogeografía dentro de la preservación de la biodiversidad y ante la urgencia en la solución de problemas en este aspecto, que sin duda se ha convertido en uno de los principales problemas globales contemporáneos. En este sentido, la ecología del paisaje ha integrado dentro de sus áreas de investigación los estudios biogeográficos, partiendo de un enfoque científico multi-disciplinario que integra herramientas teórico-metodológicas de la ecología tradicional y de la geografía física compleja (Nóvik, 1982; Yablokov y Ostroumov, 1989; Hengeveld, 1991; Turner *et al.*, 1991; Forman, 1995; Spellerberg y Sawyer, 1999).

Biogeografía y Ecología del Paisaje

El término ecología del paisaje fue utilizado por primera vez por el geógrafo alemán Troll (1939, 1950, 1971), desarrollado sobre la base de la tradición europea de la geografía regional y de las escuelas de estudios de vegetación. Sin embargo, entre los años 50's y 80's, autores como E. Neef, J. Schmithusen, G. Hase y M. Ruzicka, han incorporado otras disciplinas a la ecología del paisaje como son, los estudios biogeográficos, las problemáticas ambientales y la planificación territorial (Forman, 1995).

La ecología del paisaje posee funciones y objetivos específicos en relación a la síntesis de escalas espaciales que pueden ser variables de acuerdo a las unidades tipológicas de los paisajes, que son el sistema de unidades taxonómicas de la tipología de los paisajes, como por ejemplo, clase, subclase, tipo, grupo y especie. Estas unidades proporcionan las bases técnicas y cartográficas adecuadas para estudios biogeográficos, de ordenamientos territoriales, fragmentación de geosistemas y aspectos ambientales (Ruzicka y Miklos, 1990).

De esta manera, resulta evidente que las propiedades generales de los paisajes son: la comunidad territorial así como la integridad y homogeneidad relativa de sus componentes. A su vez, el carácter complejo y sistémico de su formación, el funcionamiento y la subordinación espacial y funcional, condiciona su alta complejidad. Lo anterior se expresa en su heterogeneidad, en la composición de los elementos que lo integran (componentes bióticos y abióticos), en las diferentes relaciones entre dichos componentes ya sean internas o externas, y en la diversidad jerárquica, topológica e individual de las distintas unidades taxonómicas de los paisajes (Mateo, 1984).

Se puede considerar entonces que la concepción paisajística posee instrumentos teórico-metodológicos que pueden ser de gran utilidad en los estudios biogeográficos, ya que proporciona la unificación conceptual de los elementos fundamentales de ambas escuelas biogeográficas contemporáneas. Por una parte, proporciona los elementos básicos de la biogeografía ecológica enmarcado en el concepto de ecosistema, el cual ha evolucionado de forma dialéctica con el decursar del tiempo (Odum, 1976; Farnworth y Golley, 1977; Begon *et al.*, 1996; Forman y Godron, 1986; Aber y Melillo, 1991; Forman, 1995; Spellerberg y Sawyer, 1999) y por la otra parte, proporciona la concepción de la evolución geológica y paleogeográfica del paisaje como el componente natural más ancestral y menos variante que en la actualidad conforma los diferentes geocomplejos.

Es reconocido que cada especie biológica es el resultado único de su evolución, cada especie posee un reservorio genético único. Sin embargo, las especies existen en la naturaleza estrechamente vinculadas unas con otras. La conservación de una especie sin conservar a otras relacionadas con ésta en la naturaleza, es imposible. A fin de conservar especies particulares, se necesita conservar las comunidades y para alcanzar esto, hay que conservar los paisajes y los ecosistemas existentes en los mismos (Yablokov y Ostrounov, 1989). Visto de esta forma, se puede comprender que la diversidad del mundo vegetal y animal se subordina, tanto a las características biológicas como físico-geográficas y viceversa. Esta subordinación se expresa tanto a través de las relaciones verticales de los paisajes, es decir, entre los diferentes componentes, como por sus relaciones horizontales o espaciales, o sea entre los complejos de uno o diversos rangos taxonómicos, lo cual junto con el llamado coeficiente de vecindad de los paisajes, nos permite entender como un geosistema de determinado ámbito taxonómico, puede incidir sobre otro de igual o diferente ámbito (Mateo, 1984).

Por otra parte, el estudio de los complejos naturales o paisajes, posibilita la utilización de un enfoque sintético e integral, no sólo en la comprensión del origen y la distribución actual de los taxa, sino además permite establecer sistemas de áreas protegidas más integrales y eficientes, donde se toman en cuenta todos los componentes naturales y las unidades taxonómicas adyacentes, visto a la luz de las relaciones verticales y horizontales de los geocomplejos.

Recientemente, la biogeografía aplicada ha sido considerada como una de las bases científicas fundamentales para la conservación de la biodiversidad, la producción económica, la planificación territorial, la salud y el control de enfermedades que afectan al hombre (Spellerberg y Sawyer, 1999). Su importancia en el manejo de los recursos naturales es determinante, ya que sugiere que especies y ecosistemas deben de

preservarse, a partir de su rareza en un territorio, considerando las formas endémicas, aclarando las peculiaridades de las floras, faunas, ecosistemas y paisajes existentes (Spellerberg y Sawyer, 1999).

La importancia de estas nuevas tendencias al abordar estudios biogeográficos, es que permiten establecer a corto plazo y de forma dinámica y sólidamente fundamentados desde un punto de vista paisajístico, una primera aproximación sobre la biodiversidad compartida entre diferentes territorios. Este aspecto se hace más evidente cuando sabemos que en la actualidad existen herramientas, tales como los sistemas de información geográfica (SIG's), que posibilitan la integración de gran cantidad de información tanto de la biota, como de los componentes abióticos de los territorios objetos de estudios.

Otro aspecto que reviste una gran importancia y que se debe considerar en las investigaciones biogeográficas actuales, es la evaluación y análisis del impacto que han podido originar las actividades antropogénicas sobre las características, tanto fitogeográficas como zoogeográficas, de los territorios. El grado de fragmentación y modificación que se han originado en los geocomplejos de los diferentes territorios, pueden incidir sobre la resistencia y resiliencia de los mismos aumentando su fragilidad. Como consecuencia, las características biogeográficas de los complejos territoriales naturales pueden sufrir cambios drásticos, por lo que al realizarse estudios sobre posibles afinidades biogeográficas entre ellos, los resultados obtenidos pueden verse sustancialmente alterados, ya sea por la pérdida de biodiversidad o por la introducción consciente o casual de diferentes taxa (Spellerberg y Sawyer, 1999).

El conocimiento del origen de las especies, su distribución, ya sean en su carácter de endemismos o de amplia distribución, son elementos indispensables en estas

investigaciones. Entender las relaciones entre taxa dentro de determinadas características paisajísticas en que se desarrollan, así como la influencia de cada componente natural sobre los mismos, resulta igualmente importante para su conservación. Por tal motivo, la profundización del conocimiento de la distribución geográfica de los taxa y sus ecosistemas, hace necesario la utilización de enfoques interdisciplinarios que posibiliten una visión integral de la participación e importancia de todos los componentes naturales en la distribución actual de la biota.

Antecedentes históricos y fitogeográficos de las relaciones florísticas entre la península de Yucatán y Cuba

Es conocido que las relaciones y afinidades florísticas existentes entre la flora vascular de la península de Yucatán y las Antillas Mayores, especialmente con Cuba, han sido históricamente motivo de interés para botánicos y fitogeógrafos (e.g., Standley, 1930; Alain, 1958; Miranda, 1958; Samek, 1973; Rzedowski, 1978; Espejel, 1987; Borhidi, 1973, 1985, 1991, Estrada-Loera 1991). No obstante, las opiniones sobre dichas afinidades varían, tanto en dependencia de los autores antes mencionados, como por las fuentes de información utilizadas por estos.

La península de Yucatán se encuentra ubicada fitogeográficamente en la Región Caribeña, la cual además de ocupar una porción de México, se extiende a Centroamérica y al extremo norte de Sudamérica (Colombia-Venezuela septentrional), incluyendo a las Antillas y parte de la península de Florida. La Región Caribeña, en su parte correspondiente a México, es claramente susceptible de dividirse en unidades florísticas menores, pero en virtud de la escasez de información disponible, su número exacto y extensión quedan aún por determinarse (Rzedowski, 1978). Asimismo, el archipiélago cubano se encuentra

ubicado fitogeográficamente en la Región Caribeña (Subregión de Las Antillas, Provincia de Cuba), en la encrucijada de las principales rutas migratorias de plantas del Caribe, gozando de una gran riqueza florística, tanto que se puede decir que la Flora de Cuba es un resumen de la Flora del Caribe (Samek *et al.*, 1988). Parece evidenciarse que existen varias zonas de Cuba que mantienen estrechas relaciones florísticas con la península de Yucatán (Borhidi, 1991). Algunas por la presencia de algunos taxa en específico y otras por tener un gran conjunto de taxa con diferentes tipos de distribución, pero, en definitiva, comunes a estos territorios. Los distritos pertenecientes al sector penínsulas cársicas (península de Guanahacabibes, península de Zapata y sur de Isla de la Juventud) se encuentran fuertemente relacionados con la península de Yucatán, la península de la Florida, los cayos floridianos y las zonas costeras del Caribe continental. Por su parte, el sector costero sureste y noreste de Oriente, que se encuentra integrado por tres distritos fitogeográficos (Santiagicum, Pilonense y Uverense), además de poseer fuertes relaciones con el resto de las Antillas Mayores, posee también afinidades con la península de Yucatán. Algunas áreas pertenecientes al sector este de Cuba central y al sector oeste de Cuba central también presentan afinidades con dicha península. Estas similitudes se extienden, en determinado gradiente, a otras zonas cársicas del archipiélago cubano, con precipitación anual entre 900 y 1500 mm, así como con aspectos geológicos y paleogeográficos muy singulares, los cuales permiten inferir la existencia de un intercambio florístico regular a través de ambas regiones, (Borhidi, 1991).

Aunque es evidente que existen afinidades florísticas entre Cuba y la península de Yucatán (Samek, 1973; Rzedowski, 1978; Borhidi, 1991, 1998), no se contaba con un estudio que aportara de manera clara y cuantitativa las relaciones existentes entre ambos territorios, a pesar de ser un aspecto de gran interés fitogeográfico y para la preservación de la biodiversidad de la región Caribeña. Por lo tanto, el objetivo principal de este trabajo de ha sido brindar, bajo un enfoque geosistémico, un mayor conocimiento sobre las afinidades fitogeográficas que presentan los diferentes geocomplejos cársicos de la península de Yucatán con los paisajes cársicos que se presentan en algunas áreas del

archipiélago cubano. Para su desarrollo metodológico, la investigación contó con tres etapas:

- 1) El estudio y caracterización de los paisajes de la península de Yucatán;
- 2) El estudio cuantitativo sobre las afinidades florísticas entre la península de Yucatán y diferentes áreas cársticas del archipiélago cubano.
- 3) Un estudio de las modificaciones y de la fragmentación ocurridas en los diferentes geocomplejos de la península de Yucatán, que permitiera tener un mejor punto de vista de análisis acerca de como éstas modificaciones pudiesen influir entre las afinidades florísticas de los territorios estudiados.

Evidencias geológicas y paleogeográficas

Un hecho imposible de soslayar, es que las interesantes e importantes relaciones fitogeográficas entre la península de Yucatán y el archipiélago cubano, están estrechamente relacionadas con la historia geológica de ambos territorios. Así mismo, lo están con la evolución tectónica de la placa del Caribe, la cual ha sido motivo de grandes discusiones durante décadas pasadas y aún en la actualidad sigue siendo motivo de controversias entre los especialistas (Meschede y Frisch, 1998). Es por ello, que es de interés mencionar y discutir algunas de las hipótesis y modelos históricos y paleogeográficos que han sido planteados al respecto, y que de alguna manera sustentan, desde un punto de vista geológico, el marcado intercambio florístico que existió entre los territorios estudiados.

A pesar de las diferencias existentes sobre este tema, muchos geólogos coinciden que la región Caribe constituye una unidad tectónica separada e independiente. Posteriormente a los criterios de Isachs *et al.* (1968) y Morgan (1968), la existencia por separado de la placa litosfera del Caribe es generalmente aceptada. No obstante, en relación al origen y características de dicha placa las opiniones pueden ser variadas

(Borhidi, 1991). Autores como Schuchert (1935), Woodring (1954), Butterlin (1956), Tikhomirov (1967) y Judoley y Furrázola-Bermúdez (1971), coinciden en que el mar Caribe se originó en una zona ocupada previamente por una masa de tierra emergida. Por su parte, Meyerhoff (1967), Dengo (1969), Molnár y Sykes (1969) y MacGillavry (1970), consideran la existencia de una cuenca u hoya permanente en el océano rodeada por un arco de islas y geosinclinales. Otros expertos (e.g., Ball y Harrison 1969; Dengo 1969; Mattson 1973, Iturralde-Vinent 1975, 1977) explican el desarrollo de la placa del Caribe sobre la base de la deriva continental en general, así como en la expansión del fondo oceánico coincidiendo, desde sus puntos de vista que el origen de la placa del Caribe fue ante todo oceánico. De esta forma, bajo esta concepción se excluye la posibilidad que las Antillas estuvieran conectadas de alguna manera al continente americano durante el Mioceno medio (Borhidi, 1991).

De ser acertada la hipótesis antes mencionada, se puede inferir que en el Jurásico superior la placa del Caribe pudo estar localizada en el borde noroeste de las masas de tierra Afro-Americanas, situadas en el océano Pacífico en el oeste de la apertura o boca del Mar de Tethys (donde en la actualidad se encuentran ubicadas Honduras y Nicaragua). En el Cretácico, simultáneamente al proceso de separación de Sur América de África, el continente Sudamericano tuvo una significativa rotación originando la placa del Caribe, la cual fue conectada con la placa de Guyana mediante un desplazamiento hacia el este. Con un desplazamiento aproximado entre 800 y 1200 km, la placa del Caribe derivó hacia el interior del Mar de Tethys. Hacia el Mioceno superior las Antillas ya comenzaban a mostrar una plataforma en pleno desarrollo.

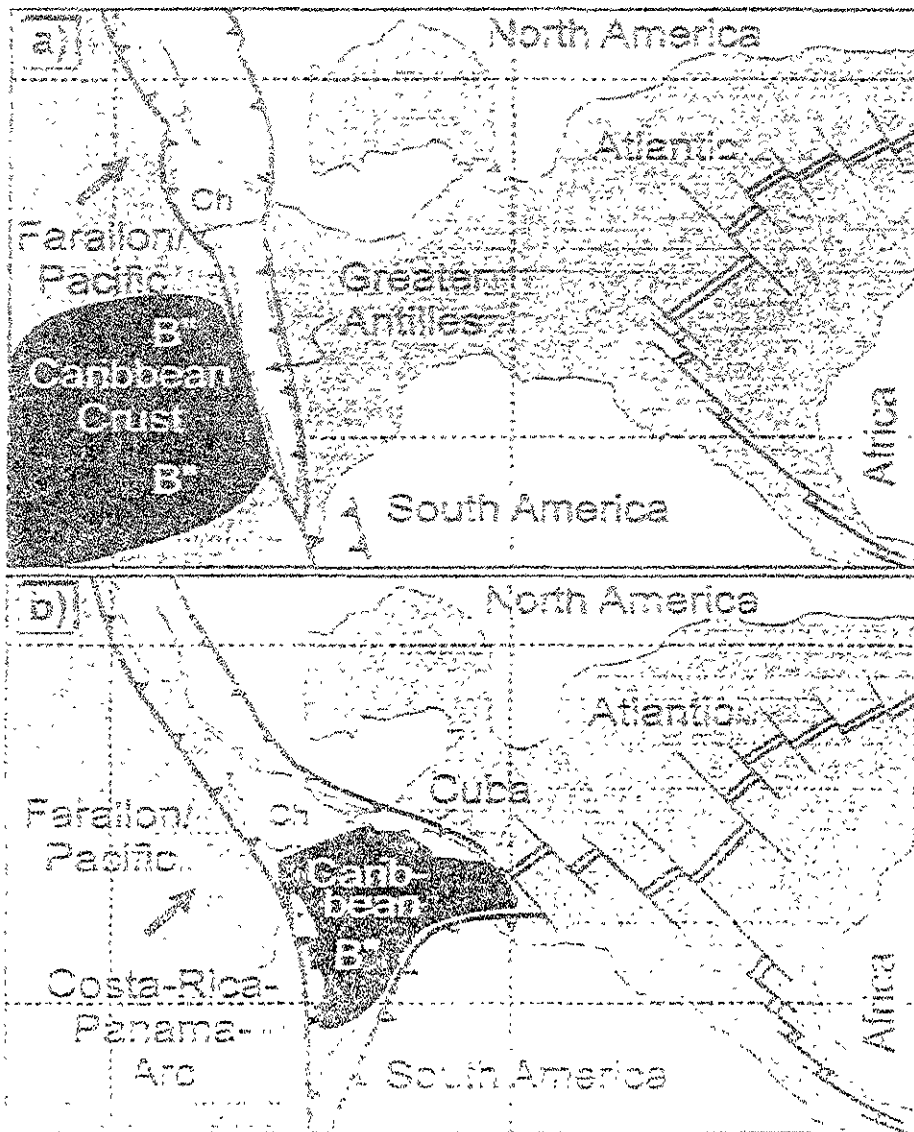
Iturralde-Vinent (1975) considera que Cuba estaba formada por seis bloques aislados, La Española posiblemente estuvo formada por tres bloques y Jamaica y Puerto Rico por un bloque cada una. Durante el Mioceno superior comienza un movimiento vertical general de ascenso, que condujo a la emersión de las crestas de Cayman y Nicaragua. De esta manera, el archipiélago de las Antillas Mayores y América Central comienzan a conectarse y este proceso fue completado durante el Plioceno, y

posteriormente ocurre la separación de dichas islas. Finalmente, la fisionomía actual que presentan las islas antillanas se fue conformando durante el Pleistoceno.

Recientemente ha sido planteado un nuevo modelo de la evolución tectónica de la placa del Caribe, en contraposición al modelo "Pacífico", que fue postulado con anterioridad por diferentes autores (para información más detallada ver Meschede 1998; Meschede y Frisch 1998). El modelo "Pacífico" postula que durante el Mesozoico tardío se originó la corteza oceánica del Caribe, en la región del Pacífico y derivó hasta su posición actual entre las dos Américas (figura 1a). El modelo alternativo propuesto por Meschede y Frisch (1998), propone que la formación de la corteza de la placa Caribe, ocurre en una posición más al oeste de la posición que presenta en la actualidad, pero todavía situada entre las dos Américas (figura 1b). Por otra parte, son determinadas las siguientes tres provincias corticales en el Caribe (figura 2):

- (1) Un bloque cortical anterior al bloque rocoso pre-Mesozoico,
- (2) La corteza continental formada durante el Mesozoico y el Cenozoico.
- (3) Una gruesa corteza oceánica de una placa de basalto formada durante el Cretácico medio.

Es interesante destacar, que dentro de la discusión realizada por Meschede y Frisch (1998) se plantea que las evidencias geológicas, geocronológicas y paleomagnéticas indican que la corteza del Caribe fue originalmente formada en una posición adyacente al margen noroeste de América del Sur. El bloque cortical, el cual hoy en día pertenece a la placa del Caribe, fue parte del bloque cortical de México, mientras que el bloque de Cuba fue formado como parte de la placa proto-Caribe y transferida hacia la placa de América del Norte durante el Cretácico tardío. De esta forma son reconocidas la siguientes fases en el origen de la corteza de la placa del Caribe (figura 3).



Figuras 1a y 1b. Hipótesis que explican el origen de la litosfera Caribeña (a) modelo pacífico y (b) modelo alternativo. B'' Placa del Caribe; (Tomado de Meschede y Frisch, 1998).

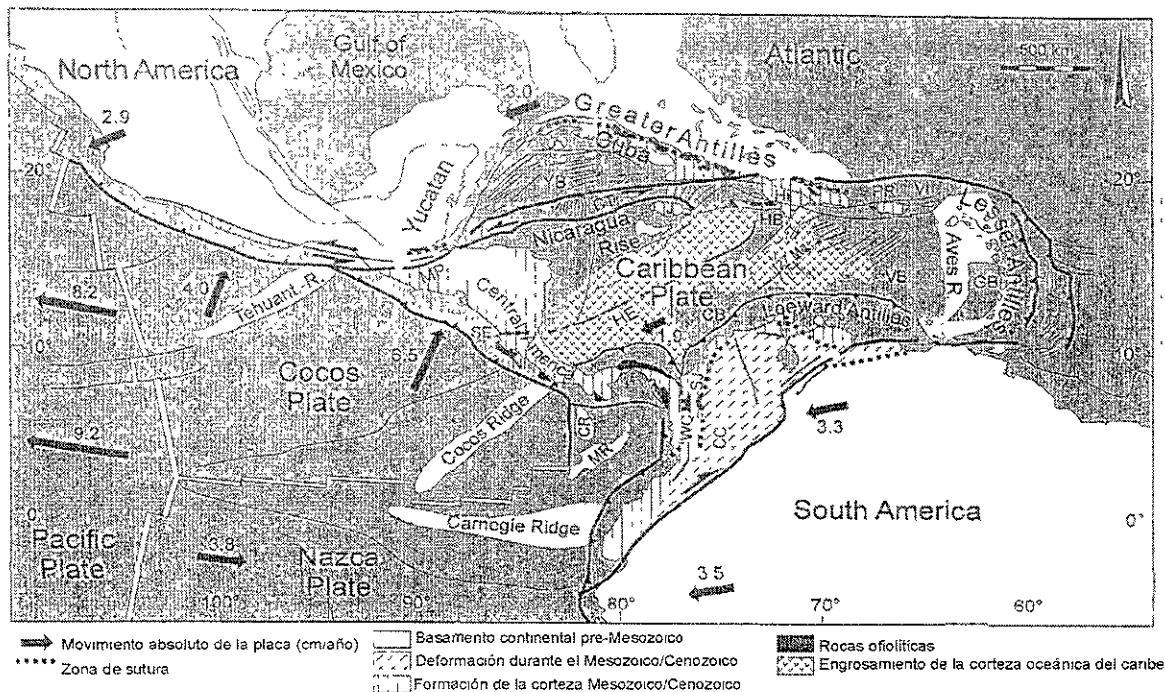


Figura 2. Vista de los movimientos de la placa tectónica del Caribe y regiones vecinas. CB= Hoya de Colombia, CC= Cordillera Central, CR= Cordillera Central, CT= Depresión de Cayman, GB= Hoya de Granada, HB= Hoya de Haití, HE=Escarpe de Hess, Hi= Hispaniola, J= Jamaica, MP= Sistema de fallas de Motogua-Polóchic, MR= Cordillera de Malpelo, Ni= Nicoya, PR= Puerto Rico, SE= Falla de Santa Helena, SJ= Cinturón de San Jacinto, VB= Hoya de Venezuela, VI= Islas Vírgenes, WC= Cordillera Occidental y YB= Hoya de Yucatán. (Tomado de Meschede y Frisch, 1998).

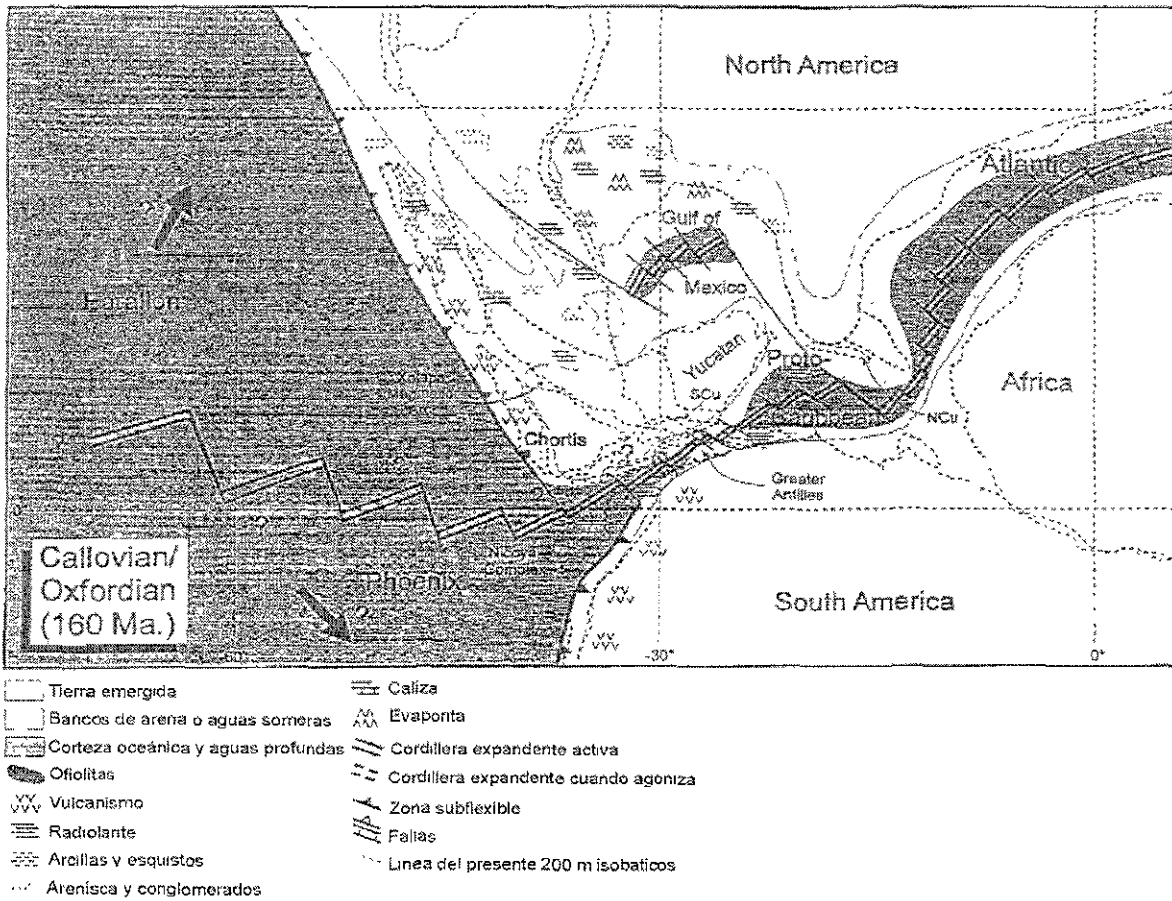


Figura 3. Distribución de la tierra en el mar con el movimiento de las tres placas mayores Norte y Sur América y África. (Tomado de Meschede y Frisch, 1998)

- 1- Alrededor del Jurásico medio ocurre la ruptura o falla en el océano proto-Caribe e inicia la separación entre Norte y Sur América.
- 2- Desde el Jurásico tardío hasta el Cretácico medio ocurre la expansión del océano proto-Caribe.

- 3- Durante la mitad del Cretácico tardío ocurre un engrosamiento de la corteza proto-Caribe por la formación de una plataforma basáltica en el área del Caribe.
- 4- En la mitad del Cretácico tardío ocurre una subducción en la Cresta del arco de Las Aves cubano, seguida por la colisión del sur de Cuba con la placa de América del Norte.
- 5- La apertura del océano Atlántico Sur en la mitad del Cretácico tardío, y el comienzo de la deriva relativa de la placa de América del Sur hacia la parte oeste a la placa del Caribe, la cual se convirtió en una placa independiente en aquel tiempo.
- 6- Del Cretácico tardío al reciente, un relativo movimiento hacia el distrito oeste de la placa del Caribe con respecto a las placas americanas causando subducción en el arco de las Antillas Menores y la ocurrencia en el Paleoceno-Eoceno reciente, del desarrollo de zonas fronterizas entre el Caribe norte y el Caribe sur (figuras 4 y 5).
- 7- La deformación entera de la región del Caribe, resultado de la interacción entre las placas de América y la del Caribe, durante el Mioceno (figura 6).

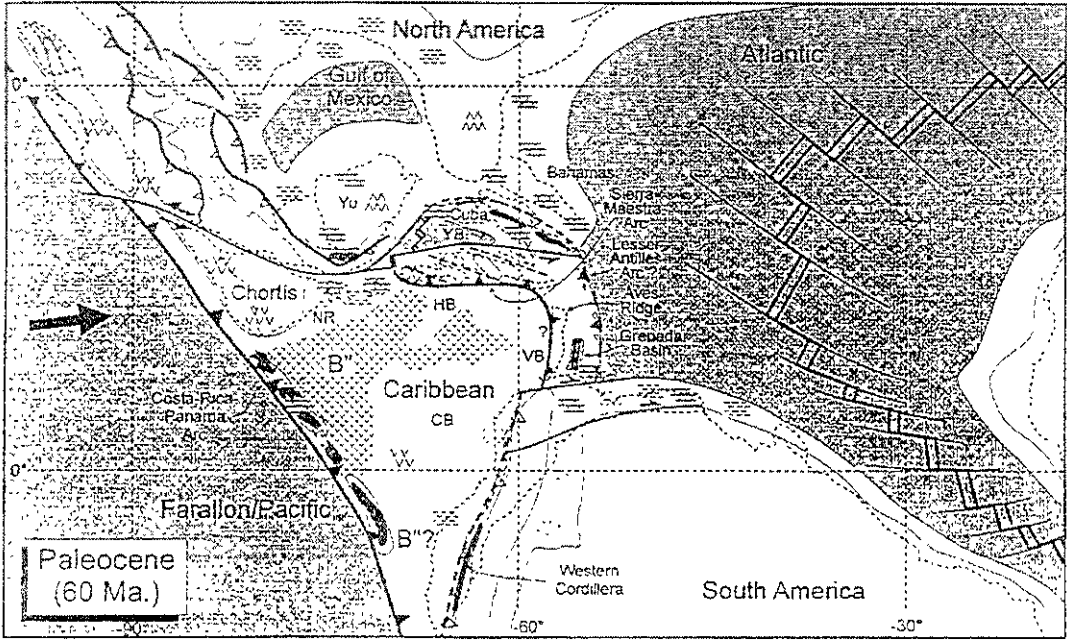


Figura 4. Reconstrucción Palinspástica de la región Caribe en el Paleoceno (Tomado de Meschede y Frisch, 1998).

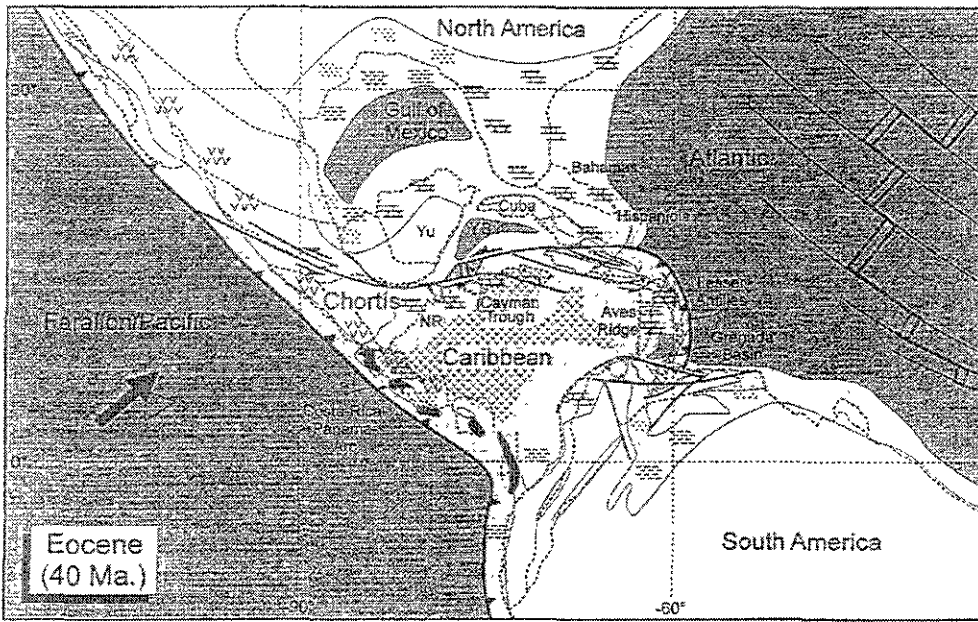


Figura 5. Reconstrucción Palinspástica de la región Caribe en el Eoceno. (Tomado de Meschede y Frisch, 1998).

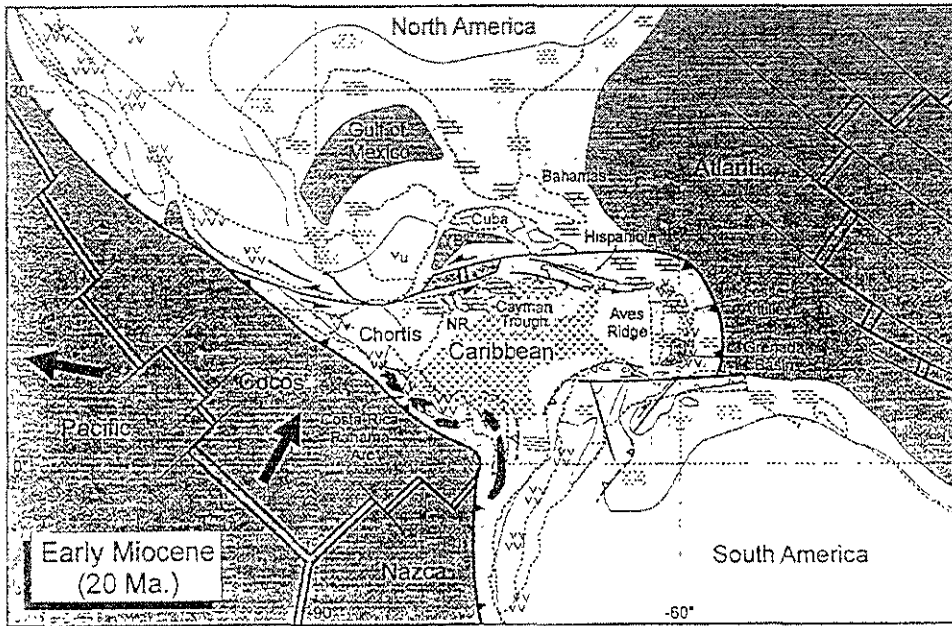


Figura 6. Reconstrucción Palinspástica de la región Caribe en el Mioceno. (Tomado de Meschede y Frisch, 1998).

Otro punto de vista interesante acerca de los aspectos geológicos de la biogeografía de Cuba, es el de Iturralde-Vinent (1982), así como de la estabilidad de sus biótopos. En este sentido se plantean diferentes hechos que prueban que Cuba ocupa su posición actual, con respecto a las Bahamas, desde el Eoceno superior (ver Furrázola *et al.*, 1964; Meyorhoff y Hatten, 1968; Malfait y Dinkelman, 1972; Iturralde-Vinent, 1975, 1977). Entre las rocas mesozoicas del substrato del territorio de Cuba, se encuentra un conjunto propio de los arcos de islas volcánicas y otro propio de los fondos oceánicos, que se originaron sin lugar a dudas, mucho más al sur de su posición actual. Dicho arco volcánico pudo estar situado eventualmente cerca de Centroamérica (Iturralde-Vinent, 1982).

Por otra parte, las rocas sedimentarias del Eoceno Superior y más jóvenes, forman un manto neoaútóctono que se prolonga sin interrupción desde el área de la plataforma de Bahamas hasta todo el territorio cubano, cubriendo con una marcada discordancia angular las rocas del substrato pre-Eoceno Superior. Además, las rocas de la cobertura neoaútóctona están muy poco deformadas, indicando que no han ocurrido movimientos destacados durante este tiempo. Esto demuestra, con toda claridad, que el territorio cubano existe como una unidad geomorfológica desde el Eoceno Superior, ocupando la misma posición en la actualidad (Iturralde-Vinent, 1982).

Es importante señalar que los planteamientos anteriormente mencionados toman una especial importancia en cuanto a las relaciones florísticas entre Cuba y Yucatán, si los comparamos con lo expresado por Flores y Espejel (1994), en cuanto a catalogar geológicamente a la península de Yucatán como una gran extensión eocénica en su mayor parte, y no miocénica o cuaternaria como se le consideraba con anterioridad, lo cual pudiera sugerir una relación más estrecha en cuanto a la evolución geológica, paleogeográfica y de la estabilidad de los biótopos de estos territorios.

Una vez sentado el precedente acerca de la estabilidad de los biótopos cubanos desde el Eoceno Superior (Iturralde-Vinent, 1982), el próximo paso corresponde al análisis de las posibles rutas de migración que permitieron la colonización de los biotópos cubanos, a partir de los focos de dispersión ubicados en los continentes vecinos. Diferentes autores, como ya se ha mencionado, han planteado las relaciones de la flora de Cuba con América del Sur, así como con Centro América y Norteamérica a través de Yucatán y Las Bahamas. Al abordarse esta temática deben tomarse en consideración dos aspectos de gran importancia. En primer lugar, no se excluye la posibilidad de la existencias de "*balsas naturales*" constituidas por bloques de tierras, entramados por raíces, plantas rastreras, hojarasca y troncos. Por otra parte, debe considerarse la acción de ciclones, huracanes, sistemas frontales (*nortes*), las corrientes marinas, así como las diferentes estrategias de dispersión de los taxa, los cuales en conjunto, hayan favorecido el establecimiento en Cuba de los ancestros de su biota autóctona. En segundo lugar, no se debe de excluir la posibilidad de la existencia de vías terrestres de comunicación, ya fueran guirnaldas de islas como "*stepping stones*", o verdaderos puentes de tierra (Iturralde-Vinent, 1988).

En un plano eminentemente teórico, es posible aseverar que tanto las guirnaldas de islas como los puentes naturales de tierras emergidas han podido existir, ya sea en diversos momentos de la historia de una misma estructura, o en distintas estructuras al mismo tiempo. La diversidad del relieve que actualmente se observa en la propia región Caribe-Antillana-Centroamericana, es una prueba de que lo planteado es perfectamente posible, ya que aquí se encuentran numerosas guirnaldas de islas de distintos órdenes de magnitud, promontorios sumergidos, cuencas más o menos profundas, fosas y puentes naturales, como sucede con Centroamérica (Iturralde-Vinent, 1982).

De acuerdo con Iturralde-Vinent (1982, 1988), al observar el mapa batimétrico del Caribe (figura 7), entre los elementos morfológicos ya citados, se destacan los promontorios submarinos, parcialmente emergidos. Estos son los sistemas de crestas

entre Cuba y Yucatán, la cresta de Caimán, la dorsal de Nicaragua, la cresta de Beata, y la cresta de Las Aves. Además, se observan las Bahamas, que vinculan Norteamérica con las Antillas Mayores. Al evaluar los promontorios como posibles vías de comunicación terrestre, se evidencia la existencia de serie de sectores con profundidades del orden de los dos a tres mil metros. Es posible entonces postular, a partir de los criterios antes mencionados, que durante las regresiones ocurridas después del Eoceno Medio, se dieron en Cuba las condiciones para la comunicación terrestre entre este territorio y las áreas continentales, a través de dichos promontorios.

En relación a las variaciones batimétricas del Caribe, resultó interesante analizar la imagen digital de terreno "Data Announcement 88-MGG-02, digital relief of the surface of the Earth" (NOAA, National Geophysical Data Center, Boulder, Colorado, 1988). En esta imagen se puede apreciar que aún en épocas recientes, dadas las características batimétricas del Caribe, existían considerables superficies de tierras emergidas que pudieron permitir una cercanía más estrecha entre Cuba y la península de Yucatán, el archipiélago de Bahamas y otros territorios continentales, lo cual pudo ampliar la posibilidad de un mayor intercambio de la biota entre estas áreas (figura 8).

Por otra parte, Borhidi (1998) diferencia en la evolución de la flora cubana tres grandes períodos. De estos, los dos últimos desempeñaron un papel decisivo en las relaciones florísticas entre la península de Yucatán y el archipiélago cubano, que coinciden en gran medida con los resultados obtenidos en la investigación realizada. Estos períodos son los siguientes:

a) Fase de placa. Este primer período es denominado como la fase de placa, el cual se ubica entre la época Jurásica y el Cretácica, donde ocurre la elevación de la placa de las Antillas al norte del sur del Continente Afroamericano y llega a tener contacto, al avanzar en la dirección oeste-este, con la placa macronésica y también recibe aportes florísticos procedentes del Pacífico.

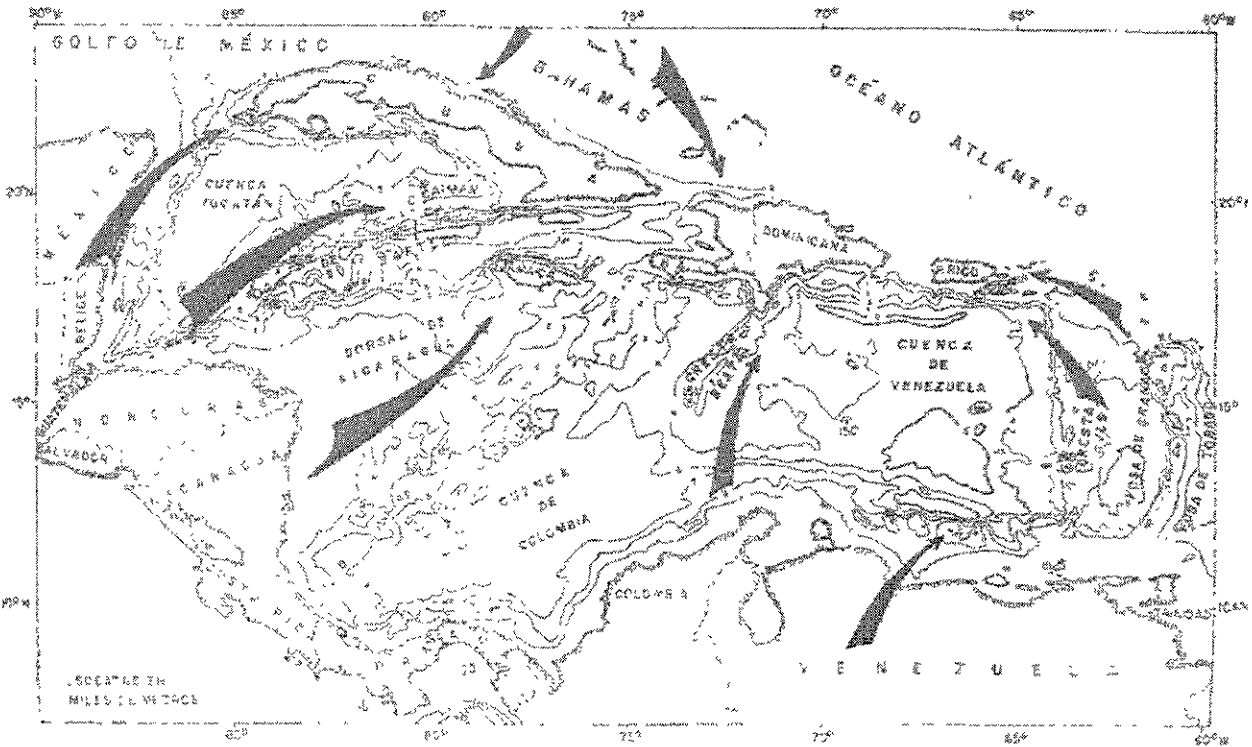


Figura 7. Mapa batimétrico del Caribe. Se indica con flechas las posibles vías terrestres de acceso de la biota continental a Cuba y otros países de las Antillas Mayores (Tomado de Iturralde-Vinent, 1982).

b) Fase de puente de tierra. Perdura desde el Eógeno hasta el Pliógeno aunque no de forma continua. En este tiempo, las Antillas estuvieron comunicadas biogeográficamente, tal vez algo de manera imperfecta, con el continente Suramericano, por las estribaciones de los Andes a través de la Estribación de Las Aves en el Eoceno (ver, Dickinson y Coney, 1980). Posteriormente ocurre una conexión con América Central a través de las Estribaciones de Nicaragua y de Cayman durante el Mioceno (Pindell y Dewey, 1982). Con Yucatán existieron conexiones durante varias etapas del Terciario (Sykes *et al.*, 1982). Más tarde estas conexiones también ocurren como consecuencia de la elevación de las Antillas Menores (Rosen, 1985). Esta fase puede considerarse como la más importante de las inmigraciones de la flora neotrópica a Las Antillas.

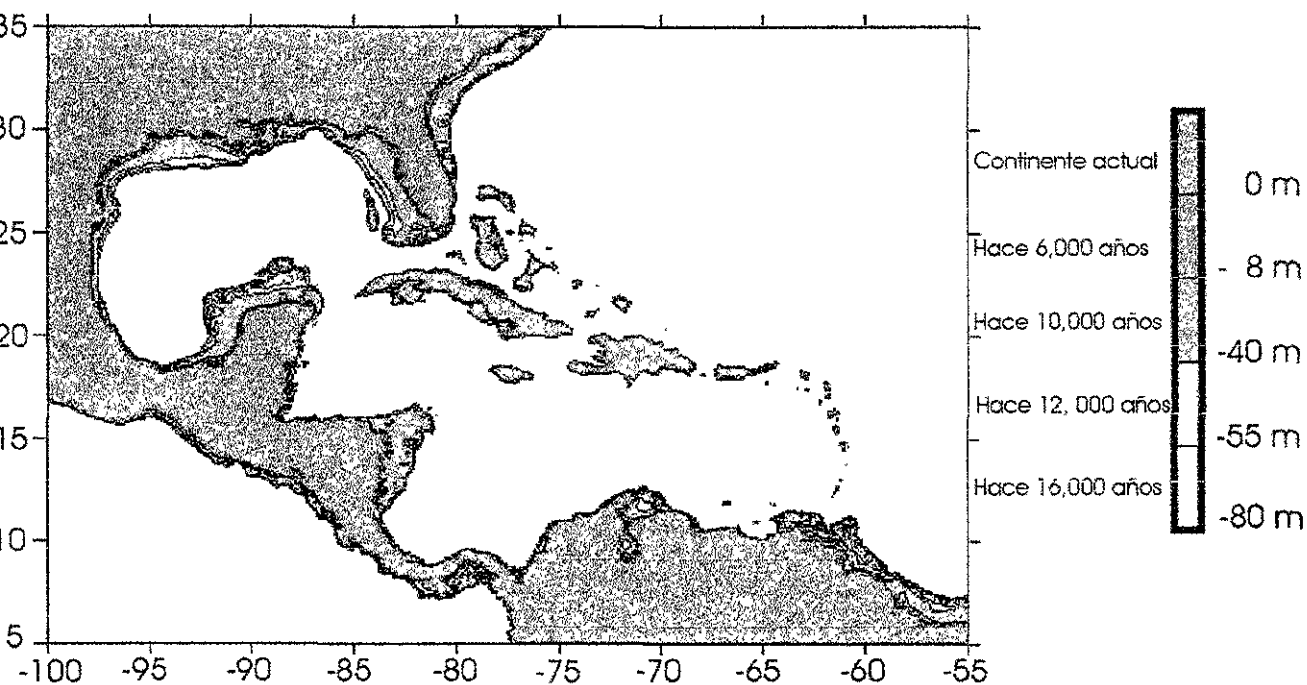


Figura 8. Variaciones batimétricas recientes en la región Caribe (Tomado de NOAA, 1988).

De esta época sumamente compleja, Borhidi (1998) infiere, aunque de manera tentativa, la presencia de la flora tropical de América Central en las Antillas Mayores, compuesta mayormente de árboles y arbustos meso y macrófilos-perennifolios, los cuales habían podido inmigrar durante el Oligógeno y el Miógeno. Durante el Oligógeno Medio y Superior la región de Guane (Occidente de Cuba) estuvo conectada con la península de Yucatán, mientras que el bloque Sierra Maestra (Sureste de Cuba) estuvo conectado con Honduras a través de la Estribación de Caiman. Por su parte, existe la posibilidad de conexión entre el bloque Moa-Baracoa (Noreste de Cuba) con La Española Central y Puerto Rico, los cuales en conjunto se conectaron con América Central a través de la Estribación de Nicaragua.

De los elementos de esta flora tropical latifolia que se deben mencionar por su interés están el conjunto *Swietenia-Trichilia-Zanthoxylum*, así como otros géneros importantes, como *Cedrela*, *Albizia*, *Haematoxylum*, *Bursera*, *Bumelia*, *Dipholis*, *Brosimum*, *Pseudolmedia*, *Chlorophora*, *Alchornea*, *Crescentia* y *Tabebuia*.

c) Fase de archipiélago. Este período ocurre durante el Mioceno Superior y es cuando Cuba adopta su carácter de archipiélago. Las principales características de este período son la separación de las islas respecto al continente y entre ellas, la especialización de la flora y el desarrollo de la gran diversidad actual de los endemismos cubanos.

De esta fase debe mencionarse la presencia de los elementos latifolios de la flora semidecídua o subcaducifolia de Yucatán en Cuba. Existen algunos taxa que acusan una distribución restringida a las penínsulas de Yucatán y de Guanahacabibes, entre los que se encuentran géneros como *Hirtella*, *Poiretia*, *Belotia*, *Schwenckia*, *Elaeagia*, *Forchhammeria* y *Neomacfadya*.

Los modelos e hipótesis planteados anteriormente ponen de manifiesto que, la evolución geológica y paleogeográfica de la península de Yucatán y de Cuba estuvieron, al menos en diferentes etapas de su evolución, fuertemente relacionadas. Esto puede explicar tanto el intercambio florístico que se ha planteado en el desarrollo del presente trabajo, como también las analogías que existen entre los geosistemas de ambos territorios.

Es por ello que el objetivo principal de este trabajo ha sido brindar, bajo un enfoque ecológico-paisajístico, un mayor conocimiento sobre las afinidades fitogeográficas que presentan los diferentes geocomplejos cársicos de la península de Yucatán, con los paisajes cársicos que se presentan en algunas áreas del archipiélago cubano.

Para su desarrollo metodológico la investigación contó con tres etapas. En la primera se brinda el estudio y caracterización de los paisajes de la península de Yucatán, como se aprecia en el capítulo II; en la segunda se realizó el estudio cuantitativo sobre las afinidades florísticas entre la península de Yucatán y diferentes áreas cársicas del archipiélago cubano (figura 9), lo cual se desarrolla en el capítulo III. Por último, se llevó a cabo un estudio de las modificaciones y fragmentación ocurridas en los diferentes geocomplejos de la península de Yucatán, que permitiera tener un mejor análisis acerca de cómo estas modificaciones pudiesen influir entre las afinidades florísticas de los territorios estudiados (capítulo IV).

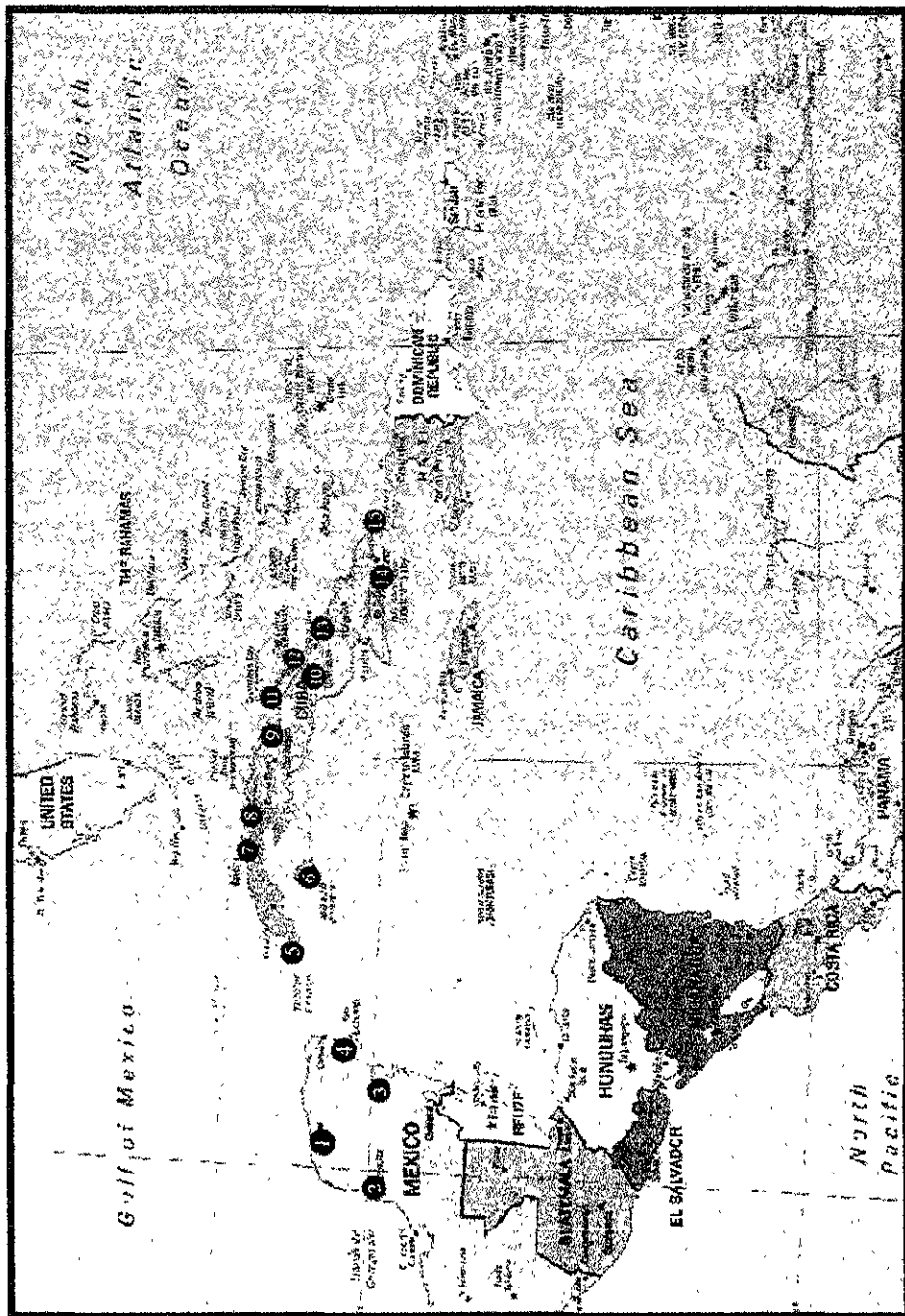


Figura 9. Ubicación geográfica de las áreas de estudio. 1. Yucatán, 2. Campeche, 3. Quintana Roo, 4. Cozumel, 5. Guanahacabibes, 6. Isla de Juventud, 7. Anafe, 8. Alturas mogotiformes, 9. Cayo Caguanes, 10. Cubitas, 11. Cayo Coco, 12. Cayo Romano, 13. Llanuras de las Tunas, 14. Morrillo y 15. Maisí.

Capítulo II

Características de los paisajes terrestres actuales de la península de Yucatán

(Publicado en el Boletín del Instituto de Geografía, UNAM)

ISSN 0188-4611

INVESTIGACIONES

BOLETÍN DEL INSTITUTO DE GEOGRAFÍA DE LA UNAM 2000

Caracterización de los paisajes terrestres actuales de la península de Yucatán

Carlos Chiappy Jhones*
Lilly Gama*
Lorrain Giddings*
Víctor Rico-Gray*
Alejandro Velázquez**

Recibido: 23 de marzo de 1999
Aceptado en versión final: 22 de septiembre de 1999

Resumen. El objetivo de este trabajo es presentar la caracterización de los paisajes actuales de la península de Yucatán. Para su estudio se empleó el método físico-geográfico-paisajístico, a partir de un esquema integral de componentes naturales (geomorfología, altitud, climas, suelos, uso del suelo y vegetación), derivado de mapas digitalizados. Se cruzó entre sí la información relativa a estos componentes mediante un sistema de información geográfica, de lo que se obtuvieron nuevas combinaciones. Para el proceso de clasificación de los paisajes se utilizó lo sugerido por Mateo (1984), con respecto a los índices diagnósticos y los diferentes niveles taxonómicos. En los mapas obtenidos de paisajes se identificaron seis clases de éstos en el estado de Quintana Roo, tres en Campeche y cuatro clases para Yucatán.

Palabras clave: Paisajes, geocomplejos, geomorfología, climas, suelos, vegetación.

Abstract. This work presents the characterization of current landscapes in the Yucatan peninsula. To this end the physico-geographical landscape method was used, based on an integrated scheme of the following natural components: geomorphology, altitude, climate, soils, land use and vegetation. These components were derived from digitalized maps, and afterwards they were analyzed using a geographic information system, which resulted in new combinations of components. For the landscape classification process the suggestions of Mateo (1984) were followed regarding diagnose indexes and taxonomic levels. From the landscape maps so obtained six different landscape types were identified for Quintana Roo, three for Campeche and four for Yucatan.

Key words: Landscape, geocomplex, geomorphology, climate, soils, vegetation.

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Es posible lograr la interacción entre la sociedad y la naturaleza, así como entre todos los esfuerzos dirigidos a utilizar óptimamente los recursos, a través de un conocimiento integral de las relaciones e interdependencias que existen entre los diferentes componentes de los paisajes. Por esto, un estudio de la clasificación de los geocomplejos permite implementar, sobre una base científica, planeamientos territoriales y de preservación de la biodiversidad, los cuales posibilitan una forma más racional de uso y conservación de una región dada.

El enfoque paisajístico es un criterio metodológico que integra e interrelaciona los componentes físicos como biológicos y brinda una dimensión espacial o geográfica a conceptos

que, bajo otra directriz, dificultaría su delimitación, como es el caso del ecosistema. A su vez, posibilita la realización de diferentes investigaciones, tales como estrategias para la optimización del uso sustentable de los territorios, ordenamientos ecológicos, estudios biogeográficos y de biodiversidad.

Según Houston (1970), el enfoque paisajístico brinda grandes ventajas como noción metodológica, ya que proporciona, dado su carácter taxonómico y jerárquico, un punto de referencia en los estudios geográfico-regionales, facilitando la interpretación y el ordenamiento de grandes cantidades de información geográfica, evitando a su vez que este proceso se convierta en un simple agrupamiento de datos descriptivos.

* Instituto de Ecología, A. C., Km. 2.5 Antigua Carretera a Coatepec s/n, Apdo. Postal 63, 91000 Xalapa, Veracruz, México

** Facultad de Ciencias, Instituto de Geografía, UNAM, Cd. Universitaria, Coyoacán, 04510, México, D. F.

El concepto de paisaje ha sido muy discutido y controvertido en los últimos años, sin embargo, no existe una definición que satisfaga completamente todos los puntos de vista. Esto se debe a la jerarquía taxonómica que se asigna a uno o algunos de sus componentes, a su extensión o cobertura y a la temporalidad con que se le conciba. No obstante, en las diferentes definiciones que aparecen en la literatura, se aprecia una tendencia a relacionar y concatenar los componentes físicos y bióticos que conforman el medio natural.

Mateo (1984) define a los paisajes como sistemas territoriales integrados por componentes naturales y complejos de diferentes rangos taxonómicos, formados bajo la influencia de los procesos naturales y de la actividad modificadora de la sociedad humana, que se encuentra en permanente interacción y se desarrolla históricamente.

En este trabajo se define a los paisajes como la capacidad ancestral que ha tenido el hombre de percibir a su entorno ambiental como un sistema espacial, donde se integran de manera dialéctica y cronológica todos los componentes de la naturaleza, ya sea en sus condiciones primarias o bajo cierto grado de modificación, debido a la incidencia de procesos naturales o a las propias actividades humanas.

En ambas definiciones queda expresado que la diversidad del mundo vegetal y animal se subordina a las características biológicas y a las físico-geográficas, y viceversa. Esta subordinación se expresa a través de las relaciones verticales que conforman la estructura interna de los paisajes, es decir, entre los diferentes componentes naturales, y por sus relaciones horizontales o espaciales, es decir, entre los distintos geocomplejos.

Estas relaciones son precisamente las que permiten, en primer lugar, comprender la incidencia de un componente natural sobre otro dentro de un mismo complejo paisajístico. En segundo lugar, a través de estas relaciones se puede conocer, mediante el "coeficiente de

vecindad de los paisajes", cómo un complejo o paisaje de determinado rango taxonómico puede incidir sobre otro de igual o diferente rango.

Otra definición más reciente es la de Forman (1995), quien percibe a los paisajes como mosaicos, donde agrupamientos de ecosistemas locales se repiten sobre extensas áreas.

Diversos autores (Nave y Lieberman, 1984; Forman y Godron, 1986; Yablokov y Ostroumov, 1989; Forman, 1995; Farina, 1998; Spellerberg y Sawyer, 1999) han puesto de manifiesto la importancia del conocimiento de la heterogeneidad de los paisajes, así como de su fragmentación en diferentes parches de ecosistemas y de las relaciones que se establecen entre los mismos, como posibles corredores de especies, para poder orientar los esfuerzos dirigidos a la conservación de la biodiversidad.

Por otra parte, desde un punto de vista práctico, el asumir un enfoque paisajístico en la comprensión de la biodiversidad permite integrar de una forma gráfica, mediante el levantamiento cartográfico de los diferentes componentes, gran parte de estas interacciones y expresarlas mediante un lenguaje cartográfico, es decir, a través de un mapa de paisaje de cualquier región o territorio objeto de estudio.

En el caso particular de la península de Yucatán, contar con mapas de integración de sus componentes naturales es de gran importancia para la realización de futuras investigaciones en el campo de las ciencias naturales y de la planificación territorial, al diferenciarse en gran medida del resto del territorio de la República Mexicana, tanto por sus características físico-geográficas (Butterlin, 1958; Duch, 1988, 1991), como por la diversidad y riqueza de su biota (Flores y Espejel, 1994; Miranda, 1959; Rzedowski, 1978).

Es por ello que el objetivo de este trabajo ha sido elaborar la cartografía de los paisajes existentes en los tres estados que conforman

la península de Yucatán, así como analizar las principales características actuales de los geocomplejos existentes en la misma.

MATERIALES Y MÉTODO

Para la realización del mapa de paisaje se seleccionaron las cartas de la hoja Mérida, de Unidades de suelo, Uso del suelo y Vegetación, publicadas por SPP (hoy INEGI, 1982) a escala 1: 1 000 000; el mapa de Geomorfología, elaborado por Lugo y Córdova (1991) publicado en el *Atlas Nacional de México*, por el Instituto de Geografía de la UNAM, a escala 1: 4 000 000 y los mapas Topográfico y Climático escala 1: 1 000 000, del *Atlas de México*, publicado por la SPP (1981), los cuales fueron digitizados. Mediante la aplicación de un programa de computadora se sobrepusieron los cuatro mapas y se obtuvo uno nuevo que contenía toda la información. Debido a que el rango entre las curvas de nivel en el mapa topográfico era muy amplio para la región en estudio (0 a 200 msnm), se consultaron otras fuentes de información, como el "Geomodelo de Altimetría del Territorio Nacional (GEMA)", (1994) y el mapa "Elevación a nivel de terreno (Topográfico)" de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado, Residencia General de Estudios y Proyectos (CAPA, 1993), para ajustar los datos de altitud.

En relación a la clasificación y nivel de regionalización se siguió la propuesta de Mateo (1984), definiéndose las siguientes unidades taxonómicas: clases, subclases, tipos y grupos de paisajes. Los índices diagnósticos para cada una de ellas son los siguientes:

CLASE:

1. Morfoestructuras de orden superior (elementos del mega-relieve).
2. Tipo de carácter de manifestación de la zonalidad natural: altitudinal y horizontal.

SUBCLASE:

1. Diferentes niveles hipsométricos.

2. Peculiaridades climáticas (en particular térmicas) condicionadas por la altura.

TIPO:

1. Predominio de un tipo determinado del clima.
2. Predominio del tipo zonal correspondiente de vegetación.

GRUPO:

1. Asociación determinada de tipos genéticos de relieve.
2. Predominio de asociaciones de tipos de suelos y formaciones vegetales generales.
3. Determinados complejos de rocas madres.
4. Predominio de determinadas formas de utilización de la tierra.

Con respecto a las diferentes unidades de paisajes, no todas se encuentran presentes en los tres estados de la península de Yucatán, las que no son comunes a las tres entidades se relacionan en el Anexo 1.

Se seleccionaron áreas de comprobación en diferentes lugares de los tres estados, para realizar verificaciones de los resultados alcanzados, mediante recorridos de campo, de acuerdo con las posibilidades que ofrece la escala utilizada. Se realizaron tres recorridos, se localizaron los puntos seleccionados para su verificación con ayuda de un geoposicionador y se realizaron las correcciones necesarias mediante la reasignación de una nueva categoría a los parches, especialmente en casos donde, dada la fecha de la cartografía, se encontraron cambios importantes. En el Anexo 1 se definen las abreviaturas utilizadas para clasificar los diferentes tipos de vegetación. Con respecto a las formaciones vegetales, éstas fueron agrupadas dentro de la leyenda de los paisajes como: a) vegetación primaria, b) vegetación secundaria asociada a diversas prácticas agrícolas y c) vegetación antrópica (plantaciones y cultivos).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los paisajes de la península de Yucatán se han formado bajo la influencia e interacción de diversos procesos de su evolución paleo-geográfica, que han permitido el desarrollo paralelo de todos los componentes naturales que los integran, es decir, roca madre, geomorfología, hidroclima, suelos, vegetación y fauna. Dichos componentes, a su vez, se han visto modificados, tanto por la acción de diferentes eventos naturales, como por la propia actividad humana desarrollada históricamente en este territorio.

Cada geocomplejo también se caracteriza por tener una estructura definida, dada justamente por la distribución espacial de todos sus componentes (relaciones verticales), así como por las relaciones que establecen con otros geocomplejos adyacentes o vecinos (relaciones horizontales), las cuales se hacen especialmente interesantes en las planicies cársicas de la península y en sus interrelaciones con las áreas de lomeríos y montañas bajas.

Vistos estos aspectos generales, se describen a continuación las características de los paisajes que se presentan en los tres estados de la península de Yucatán, que aparecen en las Figuras 1, 2 y 3.

CAMPECHE

I. Alturas

I.1. Elevaciones plioceno-cuaternarias, meso-cenozoicas menores de 600 msnm, con estructura monoclinial, climas cálido-húmedos (Aw_1 y Aw_2), suelos de rendzina fértiles y moderadamente susceptibles a la erosión, los cuales sustentan los siguientes tipos de vegetación: a) SASP; SMSP y SBSP. b) SMSP-V.S.

Es importante hacer notar que, si bien no se encontró la clase montañas durante el trabajo de campo, se incluyó ésta, ya que el estudio se basa en la clasificación de Lugo y Córdoba

(1991), en cuyo mapa se pueden observar, en los límites de Campeche y Quintana Roo cercanos a la frontera con Guatemala, dos pequeñas regiones que los autores clasifican con el número "16", correspondientes a:

Montañas y elevaciones menores, esencialmente del Plioceno Cuaternario. Alturas relativas: < 600 m. De rocas sedimentarias mesocenoicas en estructura monoclinial.

II. Lomeríos

II. 1. Lomeríos del Cuaternario, formados por rocas sedimentarias cenozoicas con estructura monoclinial y alturas de hasta 200 msnm, con climas cálido-húmedos (Aw_0 , Aw_1 , y Aw_2). Suelos: rendzina, luvisol, vertisol, cambisol y litosol, de los cuales, los cuatro primeros se consideran fértiles y moderadamente susceptibles a la erosión, y el último, poco fértil y con una erodabilidad de moderada a alta. Vegetación: a) SBSP; SASP; SMSP; Tular y V.H. b) SASP-V.S.; SMSP-V.S.; SMSP-V.S.-A.N.; SMSC-V.S.; SMSC-V.S.-A.N.; SBC-V.S. y SBC-V.S.-A.N. c) A.R; A.T. y P.C.

III. Planicies bajas

III. 1. Planicies bajas del Cuaternario de acumulación lacustre, marginales a sistemas montañosos, con alturas menores entre cero y 500 msnm; se presentan zonas inundables y también lagunas. Climas cálido-húmedos [AW_0 , AW_2 , $Am(f)$] y seco estepario (BS), el cual es intermedio entre los climas muy áridos y los húmedos. Suelos: gleysol, solonchack, litosol, acrisol, cambisol, rendzina y luvisol, siendo los cuatro primeros poco fértiles y de poca a moderada su susceptibilidad a la erosión, mientras que los tres últimos se consideran como fértiles y moderadamente susceptibles a la erosión. Vegetación: a) SMP; SBSP; SMSC; SBC; Manglar; V.D.C.; Tular y P.H. b) SMSP-V.S.; SBC-V.S.; Manglar-V.S. y SAB. c) A.T. y P.C.

Quintana Roo y Campeche

III. 2. Planicies bajas del Cuaternario de origen marino, marginales a sistemas montañosos, con rango de altitud entre cero y 50 msnm. Climas cálido-húmedos (Aw_0 , Aw_1 , Aw_2). Suelos: rendzina, cambisol, luvisol, solonchack, gleysol y litosol, caracterizados los tres primeros por ser fértiles y de moderada susceptibilidad a la erosión, mientras que el resto se consideran poco fértiles y poco susceptibles a la erosión. Vegetación: a) SMSP; SBSP; Manglar; B.P; V.D.C. y Tular; c) A.T. y P.C.

Campeche

III. 3. Planicies bajas de acumulación deltaica del Cuaternario, marginales a sistemas montañosos, de alturas entre los cero y 50 msnm, con clima cálido-húmedo [$Am(f)$], suelos de tipos cambisol caracterizados por ser fértiles y de erodabilidad moderada, y solonchack, el cual es poco fértil y poco susceptible a la erosión. Los tipos de vegetación presentes son: a) Manglar. c) A.R. y P.C. *

III. 4. Planicies bajas de acumulación fluvial del Cuaternario, marginales a sistemas montañosos, de alturas entre cero y 50 msnm y climas cálido-húmedos ($Am(f)$, Aw_1 y Aw_2). Suelos: luvisol y rendzinas, considerados como fértiles y con poca a moderada susceptibilidad a la erosión, y también solonchack, gleysol y arenosol, los cuales son de baja fertilidad y erodabilidad. Vegetación: a) SAP; SASP; SMSP; SBSP; Manglar; Tular y V.D.C. b) SAP-V.S.; SMSP-V.S.; SMSP-V.S.-A.N.; SMSC-V.S. y SMSC-V.S.-A.N. c) A.T; A.R. y P.C.*

III. 5. Planicies bajas del Cuaternario marginales a sistemas montañosos estructurales de plataformas, sin disección, con altitud entre los cero y 50 msnm, y una variación climática de los tipos cálido-húmedos (Aw_0 , Aw_1 , Aw_2) y climas secos o áridos (BS_1 y BS_0). Suelos: luvisol, rendzina y vertisol, los cuales son fértiles y moderadamente susceptibles a la erosión, y además, la presencia de litosol,

solonchack, regosol y acrisol que son poco fértiles y con erodabilidad de moderada a baja. Vegetación: a) SMSP; SMSC; SBSP; SBC; SBC-C.E.; Tular y P.H. b) SMSP-V.S.; SBSP-V.S.; MSC-V.S.; SBC-V.S.; SBC-V.S.-A.N. y SMSP-V.S.-A.N. c) A.T.; A.R. y P.C. *

III. 6. Planicies onduladas con desarrollo cársico, cuaternarias, marginales a sistemas montañosos estructurales, de altura entre cero y 50 msnm y climas cálido-húmedos (Aw_0 , Aw_1 y Aw_2). Se presenta un gran mosaico edáfico compuesto por suelos como litosol, gleysol, solonchack y acrisol, considerados como poco fértiles y de erodabilidad de baja a moderada, así como vertisol y cambisol, que son fértiles y de poca a moderada susceptibilidad a la erosión. Los tipos de vegetación son: a) SASP; SMSP; SMSC; SBSP y Tular. b) SASP-V.S.; SMSP-V.S.; SMSP-V.S.-A.N.; SMSC-V.S.-A.N.; SBC-V.S. -A.N. y Sabana. c) A.T.; A.R. y P.C. *

III. 7. Planicies bajas estructurales de plataforma de lomeríos con desarrollo cársico, y alturas de cero a 50 msnm, con climas cálido-húmedos (Aw_0 , Aw_1 , Aw_2) y clima seco (BS_0). Suelos: rendzina, luvisol y vertisol, los cuales pueden considerarse como fértiles, con una susceptibilidad a la erosión de moderada a baja, y gleysol, solonchack, litosol y regosol que son poco fértiles y con erodabilidad de moderada a baja. Vegetación: a) SASP; SMSP; SBSP; SBC; SBC-CE; Manglar; V.D.C.; Tular y P.H. b) SASP-V.S.; SMSP-V.S.; SMSP-V.S.-A.N.; SMSP-A.N.; SMSC-V.S.-A.N.; SBSP-V.S.; SBC-V.S. y SBC-V.S.-A.N. c) A.T.; A.R. y P.C. *

Quintana Roo

VI. Islas

VI. 1. Islas con sustrato calcáreo, con alturas entre los cero y 6 msnm (Carta "Elevación a nivel de terreno (Topográfico)", Comisión de Agua Potable y Alcantarillado, Residencia General de Estudios y Proyectos, CAPA, 1993), con climas cálido-húmedos (Aw_0 y Aw_2). Suelos: rendzinas, fértiles y modera-

damente susceptibles a la erosión Vegetación a) SMSC: SBSP* y Manglar

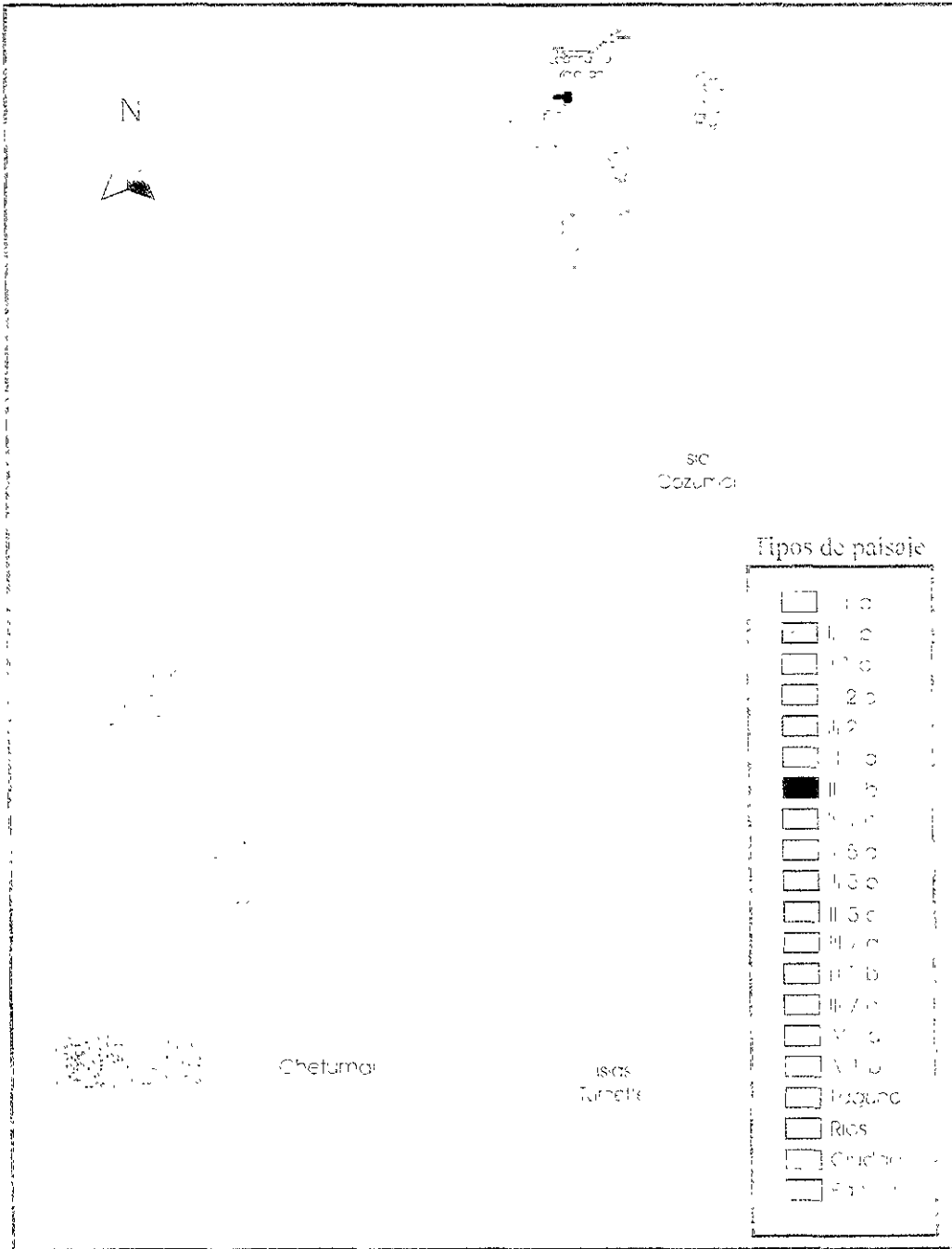


Figura 1 Mapa de paisaje del estado de Quintana Roo

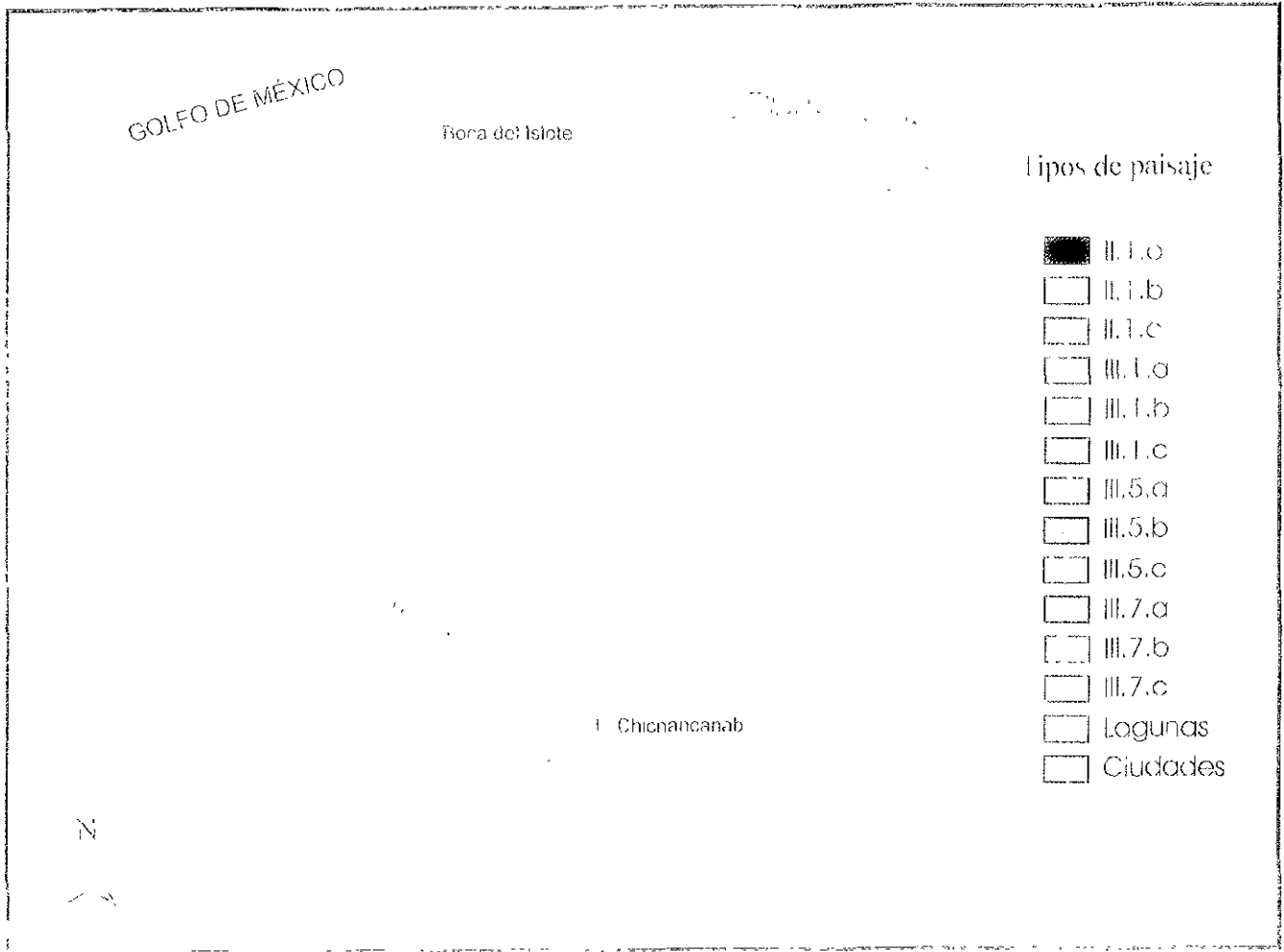


Figura 3. Mapa de paisajes del estado de Yucatan

Caracterización de los paisajes naturales de Yucatán, México

Es necesario señalar que, otras zonas insulares como Cayo Arcas, correspondiente al estado de Campeche, o la Isla Pérez y el Arrecife Alacranes, del estado de Yucatán, no han sido consideradas, debido a que en la escala cartográfica utilizada no se dispone de la información necesaria para la caracterización de sus paisajes.

CARACTERIZACIÓN DE LOS PAISAJES

Las relaciones espaciales existentes entre las diferentes unidades de paisajes se manifiestan claramente entre las llanuras con desarrollo cársico, con predominancia de diferentes tipos de selvas y matorrales, y las partes que conforman los humedales de la península, caracterizados mayormente por la presencia de manglares y tulares. Los cambios en la vegetación se aprecian también en los ecotonos existentes entre las zonas llanas y las alturas y lomeríos, cambios que en ocasiones resultan drásticos.

Existe además un gradiente entre las relaciones espaciales de los diferentes geocomplejos, originado por la intensidad de transformación de los mismos, como consecuencia de la actividad humana, se manifiesta principalmente entre las zonas llanas y los lomeríos, y entre éstos y las áreas con alturas.

La fragmentación de los ecosistemas y hábitats ha sido ampliamente tratada por autores como Forman (1995), Farina (1998), y Spellerberg y Sawyer (1999), cuyas aportaciones en los proyectos de restauración y de preservación de la biodiversidad de diferentes territorios resaltan por su importancia.

En el caso específico de la península de Yucatán, la fragmentación de los geocomplejos ha sido considerable y reviste una importancia especial, según se pudo corroborar en el análisis posteriormente realizado sobre las modificaciones ecológico-paisajísticas ocurridas en este territorio, ya que varios ecosistemas, como son los diferentes tipos de selvas, comparten en su composición florística muchos taxa comunes. En este sentido, Chiappy *et al.* (1999) aportan

los siguientes datos: las zonas consideradas entre poco y débilmente modificadas, es decir, con ecosistemas en estado natural o muy cercano a sus condiciones originales, abarcan una superficie de 31 465 km² y pertenecen principalmente a las áreas protegidas existentes en la península; las zonas consideradas entre parcial y medianamente modificadas, ocupan 83 772 km² y corresponden a áreas de vegetación secundaria afectadas por la agricultura nómada, uso forestal de tipo doméstico y formas de pastoreo extensivo; las zonas que se registran como fuerte y muy fuertemente modificadas, se extienden por una superficie en conjunto de 19 149 km² y se deben fundamentalmente a una expansión de la frontera agrícola y pecuaria, llevada a cabo de forma mayormente mecanizada, y a otros tipos de manejo de la tierra; las áreas consideradas entre drásticamente modificadas y los paisajes antropogénicos ocupan conjuntamente una superficie de 1 624 km², producto de un fuerte impacto antrópico sobre el medio natural, debido a la urbanización, la industrialización y la actividad turística.

Sin embargo, la caracterización de los complejos territoriales naturales de la península de Yucatán que se realizó con base en la información de los mapas de paisaje, hace interesante presentar algunos datos cuantitativos acerca de las condiciones actuales de los diferentes geocomplejos de este territorio, así como las variaciones que presentan, en dependencia del estado político-administrativo donde se encuentren.

En el estado de Quintana Roo se aprecian tres clases diferentes de paisajes, que son los lomeríos, las planicies y la porción insular de Cozumel, los que en su totalidad poseen una superficie de 40 674.8 km². Los lomeríos abarcan 23% de la superficie total mencionada. De ellos, 78% mantiene los paisajes naturales, 20% se consideran paisajes secundarios y 2% corresponde a paisajes antrópicos o transformados.

Las planicies, que corresponden a 75.3% del área total, tienen la siguiente situación: 55% mantiene sus paisajes primarios, 24.3% posee

paisajes secundarios y 3% se caracteriza por sus paisajes antrópicos.

La isla de Cozumel, que ocupa un 2% del territorio del estado, conserva 67% de sus paisajes en estado natural, mientras que 33% de los geocomplejos son antropogénicos. Sin embargo, el grado de transformación de estos últimos comienza a ser considerable, si se toman en consideración la pequeña extensión, la vulnerabilidad y el aislamiento de los territorios insulares (MacArthur y Wilson, 1967).

Desde el punto de vista de la cobertura vegetal que en sentido general presenta Quintana Roo, 74% se considera primaria, 23% secundaria y un 3% restante corresponde a zonas agrícolas y pecuarias, principalmente.

El estado de Campeche se caracteriza, en lo concerniente a clases de paisajes, por la presencia de alturas bajas, lomeríos y una amplia variedad de planicies, que en su totalidad abarcan alrededor de 660 km².

Las alturas representan 0.48% de la superficie total, de ellas, 90.4% corresponde a paisajes primarios y 9.5% a paisajes secundarios, lo que las caracteriza como áreas bastante bien conservadas.

Un 95% de los lomeríos, que ocupan 23% del territorio de Campeche, sustenta paisajes secundarios y un 5% restante ha sido transformado en paisajes antropogénicos, a diferencia de los de Quintana Roo.

El conjunto de planicies existentes en este estado se extiende en un 45.4% de su superficie total, conserva 59% de paisajes primarios y 28% de secundarios, y el 13% restante de la superficie ha sido transformada por diversas actividades humanas.

De la cobertura vegetal general del estado, 60% corresponde a vegetación primaria, 34.03% a secundaria y 5.95% a vegetación antrópica.

El estado de Yucatán presenta como geocomplejos, a nivel de clase, lomeríos y planicies, los que conjuntamente poseen una extensión de unos 36 175 km². Los lomeríos, que ocupan 1% del área total, presentan una situación inversa a los casos anteriores, ya que 0.2% mantiene paisajes naturales, 18% paisajes secundarios y 82% ha sido transformado por diversas actividades antrópicas.

Por su parte, las planicies, que ocupan 99% de la superficie general, mantienen en un 12% paisajes naturales y 63% de geocomplejos secundarios, mientras que el 25% restante corresponde a paisajes antropogénicos.

En este caso, tal situación de los complejos naturales se revierte en las condiciones de la cobertura vegetal, de la que tan sólo 10% corresponde a vegetación primaria, 68% a vegetación secundaria y 22% a áreas de agrosistemas y pastizales antrópicos.

CONCLUSIONES

Entre los resultados obtenidos en la caracterización de los geocomplejos de la península de Yucatán se aprecia que, independientemente de la diversidad natural que poseen, presentan una considerable fragmentación originada mayormente por actividades antropogénicas, como la agricultura de temporal, de riego, los pastizales cultivados y la agricultura nómada, generalmente relacionadas con remanentes de vegetación secundaria, resultante de ciertas prácticas forestales, tanto de índole industrial como doméstica. Tampoco se descarta la incidencia de otras actividades, tales como el turismo y la urbanización de algunas áreas.

De los tres estados de la península, se evidencia que es en Quintana Roo donde mejor conservados se encuentran los geocomplejos naturales, registrándose en el de Yucatán la mayor transformación.

Tomando en consideración la gran importancia que posee este territorio, desde el punto de vista natural, arqueológico e histórico, todos

los esfuerzos para su conservación resultan necesarios e importantes.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo recibido del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

(CONACyT) a través del proyecto 4173-PB y a la fundación IDEA-WILD por la donación de equipo de campo, así como a la Lic. Evelia Ramírez Martínez por su colaboración en los aspectos técnicos.

ANEXO 1

Definición de las siglas que identifican los diferentes tipos de vegetación existentes en los geocomplejos estudiados

a) Paisajes naturales con:

Selvas

- SAP: selva alta perennifolia.
- SASP: selva alta subperennifolia.
- SMSP: selva mediana subperennifolia.
- SBSP: selva baja subperennifolia.
- SMSC: selva mediana subcaducifolia.
- SBC: selva baja caducifolia.
- SBCE: selva baja caducifolia con erosión.

Bosques

- B.P: bosque de pino.
- Manglar: manglar alto/ manglar achaparrado.

Vegetación arbustiva y herbácea de dunas costeras

- V.D.C.: vegetación de dunas costeras.

Vegetación herbácea

- Tular: tular.
- V.H.: vegetación halófila.

b) Paisajes integrados por tipo de vegetación natural, secundaria por partes, y prácticas agrícolas y pecuarias como:

Selvas

- SASP-V.S.: selva alta subperennifolia, secundaria por partes.
- SMSP- V.S.: selva mediana subperennifolia, secundaria por partes.
- SMSP-V.S.-A.N.: selva mediana subperennifolia, secundaria por partes, y agricultura nómada.
- SMSC- V.S.: selva mediana subcaducifolia, secundaria por partes.
- SMSC-V.S.- A.N.: selva mediana subcaducifolia, secundaria por partes, y agricultura nómada.

Bosques

- MCVS: manglar con vegetación secundaria, por partes.

Sabanas

- SAB: vegetación herbácea, con árboles y arbustos aislados que actualmente sustentan diferentes prácticas agrícolas y pecuarias.

c) Paisajes con vegetación cultural.

Cultivos

- A.T.: agricultura de temporal.
- A.R.: agricultura de riego.

Pastizales

- P.I.: pastizal inducido.
- P.C.: pastizal cultivado.

REFERENCIAS

- Butterlin, J. (1958), "Reconocimiento geológico preliminar del territorio de Quintana Roo", *Boletín de la Asociación Mexicana de Geología Petroliera*, México, vol. X(9-10):531-570.
- Chiappy, C., L. Gama y L. Giddings (1999), "Evaluation of the landscape conservation of the Yucatán peninsula using a GIS", *5th World Congress of Landscape Ecology*, Snowmass Colorado, USA.
- Duch G., J. (1988), *La conformación territorial del estado de Yucatán. Los componentes del medio físico*, Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Duch G., J. (1991), *Fisiografía del estado de Yucatán, México*, Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional de la Península de Yucatán, División de Ciencias Forestales, México.
- Farina, A. (1998), *Principles and methods in landscape ecology*, Ed. Chapman and Hall.
- Flores, J. S. (ed.) e I. Espejel (1994), "Tipos de vegetación de la península de Yucatán", *Etnoflora yucatanense*, Universidad Autónoma de Yucatán, México, pp. 31-35.
- Forman, R. (1995), *Land mosaics. The ecology of landscapes and regions*, University Press, Cambridge.
- Forman R., T. T. y M. Godron M. (1986), *Landscape ecology*, John Wiley and Sons, New York.
- Houston, J. (1970), "Paisajes y síntesis geográfica", *Rev. de Geografía*, vol. IV, núm. 2, Barcelona, pp. 133-140.
- INEGI (1994), "Geomodelos de altimetría del territorio nacional (GEMA)", imagen digital (CD), Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- Lugo Hubp, J. y C. Córdova Fernández (1991), "Hoja Geomorfología" vol. 1 (IV.3.3), *Atlas Nacional de México*, Instituto de Geografía, UNAM, México.
- MacArthur, R. H. y O. Wilson (1967), *The theory of island biogeography*, Princeton University Press, Princeton.
- Mateo, J. (1984), *Apuntes de geografía de los paisajes*, Facultad de Geografía, Universidad de La Habana, La Habana, Cuba.
- Miranda, F. (1959), "La vegetación de la península de Yucatán", en Beltrán, E. (ed.), *Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento*, Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, México, 2:215-276.
- Nave, Z. y A. S. Lieberman (1984), *Landscape ecology, theory and application*, Springer-Verlag, New York.
- Rzedowski, J. (1978), *Vegetación de México*, Limusa, México.
- Spellerberg, i. F y J. W. D. Sawyer (1999), *An introduction to applied biogeography*, University Press, Cambridge.
- SPP (1981), *Atlas del medio físico de México*, Secretaría de Programación y Presupuesto, Dirección General de Geografía del Territorio Nacional, México.
- SPP (1982), "Hoja Mérida", Cartas "Edafológica" y "Uso del Suelo y Vegetación", Dirección General de Geografía del Territorio Nacional, Secretaría de Programación y Presupuesto, México.
- Yablokov, A. V. y S. A. Ostroumov (1989), *Conservación de la naturaleza viva*, Impreso por VIPO Vneshtorgizdat, URSS.

Capítulo III

Floristic affinities between the Yucatan peninsula and some karstic areas of Cuba

(en prensa, 2001 Volumen 28,

Journal of Biogeography)

FLORISTIC AFFINITIES BETWEEN THE YUCATAN PENINSULA AND SOME KARSTIC AREAS OF CUBA

Carlos Chiappy-Jhones¹, Victor Rico-Gray², Lilly Gama¹, and Lorrain Giddings¹

¹Departamento de Diagnóstico Regional

²Departamento de Ecología Vegetal

Instituto de Ecología, A.C. Apdo. 63, Xalapa, VER 91000, México

Abstract

1. Aim: The floristic affinities between Cuba and the Yucatan Peninsula are of great interest for plant geography and preservation of biodiversity in the Caribbean region. Even though many authors have stressed the relationships between these regions, the conclusions are based mostly on general descriptive studies. Here we present a quantitative analysis in order to determine their floristic affinities.

2. Location: We compared the Mexican portion of the Yucatan Peninsula (states of Campeche, Yucatán and Quintana Roo) and several karst areas of the Cuban Archipelago; which were selected due to the great physiographic, climatic and vegetational similarities.

3. Methods: Data obtained from specialized references were used to create a taxonomic data base, this was complemented with a data base (D-BASE) that included data from herbarium specimens. Geographical information was obtained and adapted for use in a numerical taxonomy and multivariate system program (NTSYS). Using the latter, we performed a floristic affinity analysis using a monothetic method based on the comparison of the presence and absence of species. Floristic similarity was obtained using the Jaccard index of similarity and a dendrogram was created.

4. Results: Of a total of 1,936 species, 880 were common to both Yucatan and Cuba; most being herbaceous species, followed by trees and bushes. The flora of Mexican island of Cozumel exhibited the lowest coefficient of similarity (11%) when compared to the rest of the sites considered. The second level in the dendrogram shows the branching of two large groups: the three states of the Yucatán Peninsula and the coastal areas of Cuba, and the Cuban interior. Highest similarity (73%) within the Cuban areas considered was obtained between the Isla de la Juventud and the Guanahacabibes peninsula; both areas also showed the highest floristic similarity with the Yucatán Peninsula (67%). The Cuban keys and the coastal plain of Tunas form a second group of Cuban localities that exhibited a relatively high floristic affinity with the Yucatán Peninsula. The areas of Maisí, Morrillo and Chico, in east Cuba, form a group with considerably high similarity (50%), and are physically the closest to Yucatán after the Coco-Romano-Caguanes group. The Cuban areas below 600 m in elevation were the least similar to the Yucatán Peninsula.

5. Main conclusions: Despite earlier suggestions, there are various areas of Cuba that have close floristic affinity with the Yucatan Peninsula, sometimes based on presence of specific taxa, and other times based on large groups of taxa common to both study areas with different and broader types of distribution. The number of species (880) common to both the Yucatán Peninsula and the different karst areas of the Cuban Archipelago surpasses all expectations, since the native flora of the Yucatán Peninsula is estimated to have at least 1,777 species, and if we exclude exotic, introduced and cultivated species, the general floristic similarity between Cuba and the peninsula of Yucatan should be about fifty percent.

6. Key Words: phytogeography, karst, endemism, vascular plants, Yucatan Peninsula, Cuba.

INTRODUCTION

The Mexican portion of the Yucatan Peninsula (i.e., the Mexican states of Campeche, Quintana Roo, and Yucatán) is quite different from the rest of México in geography, geology, and diversity and richness of its biota, consequently, the stresses on the conservation of this diverse and unique region (Spellerberg & Sawyer, 1999). In accordance with the Neotropical evolutionary centers proposed by Gentry (1982), the Yucatecan (and the rest of México) flora supports a strong South American (Gondwanic) component. This component could have arrived in México by the two migratory routes, corresponding to different geological times. One great migration occurred after the Isthmus of Panama closed, and plants crossed Central America on their way to North America; a more limited migratory route was probably across the Caribbean islands (Coney, 1982; Howard, 1973). Considering the position of these islands relative to the continental masses, it appears that plants were forced to use the islands as stepping stones, since there was a lack of terrestrial connections; there is very little known supporting this putative route. The latter could explain the presence in North America of families such as the Cactaceae, which are scarce in Central America, even though México is the main evolutionary center but the most primitive forms are found in South America. The peninsulas of Florida and Yucatán are the North American land masses closest to the Caribbean islands, but Yucatán was undoubtedly the first to emerge (Iturralde-Vinent 1988). Discussions continue on the possible passage of Gondwanan elements through the chain of Caribbean islands.

The peculiar position of Cuba is of great geologic-geographic interest (Iturralde-Vinent, 1988). There is a continental basement located on the northern part of the Cuban Archipelago, which continues to the Bahamas, the peninsula of Florida and southeastern North America. Simultaneously, the extreme western portion of Cuba is connected to a system of crests and valleys (currently submerged) which is also connected to the eastern part of the Yucatán Peninsula and the island of Cozumel. The central Cuban mountain

range ('Cordillera de la Sierra Maestra'), and in general the southeastern portion of Cuba, are part of the Cayman Ridge; which connects with northern Central America (Honduras and Guatemala) (Iturralde-Vinent, 1988). Southern Cuba (between Pinar del Rio and Camagüey) presents a different scenario, exhibiting an abrupt change of structure and geologic composition between Cuba and the Yucatán Basin, which is properly oceanic (Iturralde-Vinent, 1988).

The Yucatán Peninsula is considered as part of the Caribbean Region plant zone, which, in addition to a portion of México, extends to Central America and the northern end of South America, including the Caribbean islands and part of the peninsula of Florida (Rzedowski, 1978). The Caribbean Region is clearly susceptible to a division into smaller floristic units, but the number and extension of these divisions are debatable (Rzedowski, 1978). The Cuban archipelago has been assigned to the Neotropical Plant Kingdom, Caribbean Region, Antilles Subregion, Province of Cuba (Samek *et al.*, 1988).

The floristic affinities between the vascular floras of the Yucatán Peninsula and the greater Caribbean islands, particularly Cuba, have been extensively discussed (e.g., Alain, 1958; Borhidi, 1973, 1985, 1991; Espejel, 1987; Estrada-Loera, 1991; Miranda, 1958; Rzedowski 1978; Samek 1973; Standley, 1930). Standley (1930) suggested a strong relationship between the flora of Cuba and Yucatán, emphasizing the need to establish the percent of affinity between them. Alain (1958) stressed the great similarity of the vegetation between Central American and the greater Caribbean islands. The latter, and the importance of the west to east migratory route which is considered as origin of the great majority of the Cuban flora, had already been stressed in a study of Jamaican vegetation (Asprey & Robbins, 1953). Many species continued their migration from Central America towards the other Antilles, although a considerable number of them only reached Cuba and/or Jamaica. Alain (1958) mentioned a group of species with Cuban-Central American or Mexican-Cuban distributions, sometimes with extensions to Jamaica or Hispaniola, but he did not consider these limits as definitive, as they might have broader areas of distribution.

Based on Standley (1930), Miranda (1958) concluded that the affinity between the Yucatán Peninsula and the Antilles is not great, although he admits the existence of certain similarities between the flora of the peninsula and the Antilles. Miranda's (1958) considerations were based largely on the fact that most of the common species are widely distributed in tropical America and therefore do not have any special phytogeographic significance. Rzedowski (1978) observed that the flora of the Antilles is essentially neotropical and that it has numerous similarities with warm areas of México. However, despite the proximity of these two areas, the similarities are not especially clear cut, due to the insular character and complex geologic history of the Caribbean region, which has developed a large number of endemisms. Miranda (1958) and Rzedowski (1978) concluded that most species common to México and the Antilles are also in South America and are widely distributed. Finally, Samek (1973) considered that México contains many of the plants of Cuba, with a remarkably strong similarity between the Yucatán Peninsula and the Guanahacabibes peninsula in the western portion of Pinar del Rio, Cuba. In general, there is both a lack of agreement on this topic, and a lack of reliable data to support any one opinion over the others. Here we present a quantitative analysis of the floristic affinity between the Mexican portion of the Yucatán Peninsula, a large karst mass, and various karst areas of the Cuban Archipelago.

MATERIALS AND METHODS

General description of the study areas

We chose phytogeographic areas with similar natural components, e.g., geology, geomorphology, climate (precipitation, temperature), soils, vegetation, in Cuba (i.e., Guanahacabibes peninsula, Isla de la Juventud, Anafe, the mogotiform heights, the keys of Caguanes, Coco and Romano, Cubitas hills, the plains of Las Tunas, Morrillo, and Maisi) and in the Yucatán Peninsula (i.e., the Mexican states of Campeche, Yucatán and Quintana Roo, and the island of Cozumel).

With the exception of Anafe (late Cretaceous), the Cuban sites are all from the Cenozoic (Nuevo Atlas de Cuba, 1989): Eocene-Pliocene (Mogotiform heights, Cubitas, Morrillo, Maisí-Guantánamo), early- to mid-Miocene (Caguanes), late Pliocene-Pleistocene (Guanahacabibes), and mid-Pleistocene (the south part of the island, plains of Las Tunas, Coco and Romano keys). The Yucatán Peninsula is a partially emerged, northward projecting platform of late Mesozoic and Cenozoic age carbonates and evaporites (Campeche, Paleocene; Yucatán, Eocene; Quintana Roo, Eocene) that have as their southern terminus the Paleozoic and Mesozoic sedimentary rocks of southeastern México, northern Belize and northern Guatemala. The peninsula extends northward from the Laramide tectonic zone of Central America as a large carbonate platform made up mainly of sediments of Tertiary age (Isphording, 1975, 1978). The major geologic structures found on the peninsula are the result of compression, associated with mountain building in the south, and uplift and faulting along the northern and eastern margins of the emerging platform (see detailed description in Isphording, 1975).

The range of total annual precipitation is similar between the Cuban and Yucatecan sites (300-2,000 mm), as well as many vegetation associations, e.g., tropical dry forest, tropical deciduous forest, tropical rain forest, mangroves, coastal sand dune scrub, fresh and brackish water swamps and marshes (see detailed descriptions in Borhidi, 1973, 1998; Flores & Espejel, 1994; Miranda, 1958; Rzedowski, 1978).

Method

In order to analyze and compare the floras of the two study regions, we constructed a taxonomic data base (Chiappy & Gama, 1992), which incorporated information from the following studies: Alain (1964, 1974), Borhidi (1991, 1993, 1998), Chiappy (1989), Chiappy & Enríquez (1990), Chiappy & Gama (1997), Chiappy *et al.* (1986, 1988, 1989), Flores & Espejel (1994), García (1990), García *et al.* (1985, 1986, 1988), Graham (1973), León (1917-1918, 1946, 1949), León & Alain (1951, 1953, 1957), López *et al.* (1992), Méndez

et al. (1989), Menéndez et al. (1981), Montes et al. (1989), Raven & Axelrod (1974), Sosa et al. (1985), Sousa & Cabrera (1983), Téllez-Valdés & Cabrera (1987), and Whittaker (1970). To complement these data, another data base was constructed (D-BASE) using data from herbarium specimens collected in the Yucatán Peninsula or reported for the peninsula (ENCB, IESC, MEXU, XAL), and that were also reported for Cuba and the rest of the Caribbean Islands. Geographical information (coordinates, locality, etc.) was obtained from the above sources and adapted for use in a numerical taxonomy and multivariate system program (NTSYS by Rohlf, 1997).

Based on Borhidi's (1991) suggestion that the study areas are differentiated by their endemisms rather than by their species of wider distribution, we performed a floristic affinity analysis of them. The latter was computed with the NTSYS program (Rohlf, 1997) using a monothetic method based on the comparison of the presence and absence of species. We estimated floristic similarity between sites using the Jaccard index, defined as $J_{jk} = a/(a + b + c)$, where a is the number of species common to j and k , and b and c the species number found in j only and k only, respectively (Hengeveld, 1991; Ludwig & Reynolds, 1988; Pielou, 1977). Values of similarity among sites were obtained, and a dendrogram was constructed. A monothetic approach was used in order to have a successive logical division with a unique set of species. The locations were treated as OTU's (Operational Taxonomic Unit) for the analysis and the species were the information for each OUT. The similarity of the locations was calculated using the presence or absence of each species in each location, where presence meant a value greater than zero for the character. A matrix of similarity coefficients was calculated using the Jaccard coefficient (see above), and analysed by single-link cluster analysis. This combination was chosen in preference to the many other similarity coefficient and cluster techniques available, because it is simple to compute and understand, and because it has been found to be good at detecting simple divisions of data sets into a small number of distinct groups (Sneath & Sokal, 1973). Each location begins in a cluster of its own while there is more than one cluster left and the two closest clusters are combined into a new cluster so that

the distance between the newly formed cluster and each other cluster is calculated. The dendrogram was constructed by single linkage (smallest distance between a locations). Areas of the Yucatán Peninsula which had the greatest affinities with the different Cuban areas were established using the similarity values. For the analysis of these results, and for a better understanding of the influence and importance of the taxa studied with association to the flora of Yucatan and of the Antilles, the species were divided as follows: (i) Cuban 'endemisms' recently reported for Yucatán, (ii) species restricted to Cuba and Yucatán, (iii) species with a Cuban-Jamaican-Yucatecan distribution, (iv) Antillean species recently reported for Yucatán, (v) Caribbean elements, (vi) Neotropical elements, (vii) Pantropical elements, and (viii) cosmopolitan elements (based on Howard, 1973). In general, we used χ^2 -tests to determine differences between sites (Zar, 1996).

RESULTS

Of a total of 1,936 species, we identified 880 species (in 473 genera and 115 families) common to both study areas. The families with the greatest number of species were the Poaceae (111), Fabaceae (106), Asteraceae (58), Cyperaceae (49), Euphorbiaceae (40), Rubiaceae (32), and Malvaceae (30). Genera with the greatest number of common species were *Cyperus* (17), *Panicum* (16), *Cassia* (14), *Euphorbia* (14), *Paspalum* (13), *Ipomoea* (12), and *Solanum* (12).

Among the species between the two studied regions, herbs were significantly more common ($\chi^2 = 113.73$, $df = 5$, $P < 0.001$) than species in other life-forms (Table 1). The former belong to widely distributed families, especially in the Poaceae, Cyperaceae, and some species in the Fabaceae and Euphorbiaceae.

When analyzing the origin of the families common to the study areas, significantly ($\chi^2 = 52.16$, $df = 5$, $P < 0.001$) more families were either associated to the Amazonian

center (33%) or had an unassigned origin (32%, e.g., Poaceae, Cyperaceae), than families associated to any of the other centers of origin (Table 2). There was, however, no significant difference in the number of species associated to the Amazonian or having an unassigned origin ($\chi^2 = 0.02$, $df = 1$, $P > 0.05$, Yates corrected). Some species of Laurasian origin (10%) were present in the karstic plains, as well as Andean taxa (22%) (Table 2); one of the best represented Andean families was the Rubiaceae (1 genus, 32 species). The taxa of dry areas was also represented (3%, Table 2), particularly species in the families Cactaceae, Capparaceae, Erythroxylaceae and Zygophyllaceae.

As to the geographic distribution patterns of the species common to both study areas, significantly more species ($\chi^2 = 141.05$, $df = 7$, $P < 0.001$) exhibited a Neotropical distribution, rather than either of the other distribution patterns (Table 3).

The dendrogram constructed using the similarity coefficients obtained with the Jaccard index is shown in Figure 1. The flora of Mexican island of Cozumel exhibited the lowest coefficient of similarity (11%) when compared to the rest of the sites considered (Fig. 1). The second level in the dendrogram shows the branching of two large groups (Fig. 1). One group formed by the three states of the Yucatán Peninsula (Campeche, Yucatán, Quintana Roo) and the coastal areas of Cuba (Guanahacabibes, Isla de la Juventud, the keys of Caguanes, Romano and Coco, the plains of Las Tunas, Maisí, and Morrillo Chico), and the other group by sites in the Cuban interior (the hills of Anafe and Cubitas, and the Mogotiform elevations). Highest similarity (73%) within the Cuban areas considered was obtained between the Isla de la Juventud and the Guanahacabibes peninsula; both areas also showed the highest floristic similarity with the Yucatán Peninsula (67%). The keys of Coco, Romano, Caguanes and the coastal plain of Tunas form a second group of Cuban localities that exhibited a relatively high floristic affinity with the Yucatán Peninsula (Fig. 1). The areas of Maisí, Morrillo and Chico, in the eastern part of Cuba, form a group with considerably high similarity (50%, Fig. 1), and are physically the closest to Yucatán after the Coco-Romano-Caguanes group. Finally, the Cuban areas of

Anafe and Cubitas hills and the Mogotiform heights, all below 600 m in elevation, are the least similar to the Yucatán Peninsula.

DISCUSSION

Despite earlier suggestions, it is apparent that there are various areas of Cuba that have close floristic affinity with the Yucatan Peninsula, sometimes based on presence of specific taxa, and other times based on large groups of taxa common to both study areas with different and broader types of distribution. Of a total of 1,936 analyzed species, 880 species were common to both the Yucatán Peninsula and the different karst areas of the Cuban Archipelago. This surpasses all expectations, since the native flora of the Yucatán Peninsula is estimated to have at least 1,777 species (Sosa *et al.*, 1985), and if we exclude exotic, introduced and cultivated species, the general floristic similarity between Cuba and the peninsula of Yucatan should be about fifty percent.

When analyzing the relationship between life-form and the putative origin of the families of the species common to both study areas, it is clear that herbaceous species from widely distributed families predominate; especially in the Poaceae, Cyperaceae, and some species in the Fabaceae and Euphorbiaceae. There are more trees than shrubs, with the arboreal component mostly belonging to families of Amazonian origin. This agrees with the ideas of Gentry (1982) on the composition and structure of forests in lowland areas of Central America and the continental Caribbean, and also, with taxa of wide distribution in the Caribbean or with taxa of Neotropical distribution. Most species previously considered as restricted in distribution or as endemics in Cuba, the other Caribbean islands and the Bahamas, but have now been reported for the Yucatán Peninsula, are mainly bushes. Due to their restricted phytogeographic distribution and physiological characteristics, these species are dominant in the coastal and xerophytic plant formations they inhabit. Also, 16 species (Appendix 1) considered in the Flora of Cuba as Cuban endemics (Alain, 1964, 1974; León 1946, 1953, 1957), were found in different recently

published accounts of the flora of the Yucatán Peninsula (Flores & Espejel, 1994; Sosa et al. 1985; Sousa & Cabrera 1983; Téllez-Valdés & Cabrera, 1987). Another interesting group of taxa is the one limited to the Yucatán Peninsula and western Cuba (Guanahacabibes peninsula, southern part of Isla de la juventud) (Appendix 2). Moreover, certain genera have been considered as an important characteristic of the Caribbean region (Borhidi, 1991; Howard, 1973), for example, *Cameraria*, *Oxandra*, *Vallesia*, *Borrchia*, *Zuelania*, *Ateleia*, *Ernodea* and *Thrinax*. However, the presence of these genera in the Yucatán Peninsula suggests greater phytogeographic relationships between the peninsula and the Caribbean islands than had previously been recognized.

Thirty-three percent of the species common to the study areas have been assigned to the Amazonian center (Gentry, 1982). Also, a high percentage (32%) includes species in families of 'unassigned' origin, such as the Poaceae and Cyperaceae. It is also interesting to find in lowland karstic plains species in families of Laurasian origin (10%), such as in the northern coastal plain of Las Tunas Province, Cuba (Chiappy et al. 1986). Chiappy et al. (1986) also discussed the importance of the Bahamas as a possible migratory route of North American elements toward the Antilles and the Yucatán Peninsula. Most of the species reported here in families of Laurasian origin, are bushes, contradicting Gentry (1982) who suggested that most Laurasian families are arboreal, occupying the canopy of the mountainous forests of Central America.

The presence of Andean taxa in both the Yucatán Peninsula and the Antilles suggests an interesting relationship between these regions, which should be addressed in the future. Andean taxa represented 22% of the total; the most important Andean family being the Rubiaceae. These results confirm the possibility of a northern-bound migration toward Central America and México after the Andean orogeny which began in the Upper Tertiary and continued until the Quaternary, after the closing of the Isthmus of Panamá. Andean elements (22%) are almost of equal importance as Amazonian elements (33%) to the floras of the Antilles, Central America and Mexico (Gentry, 1982; Borhidi, 1998),

which suggests that the Antillean flora is fundamentally of South American origin.

The Cuba-Jamaica-Yucatán group of species conform a distribution pattern that could reflect the role of the Protoantilles in the migration of taxa, apparently originated in the vegetation of the Brazilian Cerrado (Chiappy & Gama, 1997). This pattern implies an ancient migration towards the Antilles and from there to Yucatán; which is independent of the great migrations that occurred after the emergence of the Isthmus of Panama in more recent geologic times (Gentry, 1982). *Caesalpinia violacea* (Mill.) Standl. is an example of this distribution.

The "Antillean" group of taxa ranges from southern Florida to the Bahamas Archipelago. Within this group of species, now reported for also Yucatán, we find species like *Pleurothallis broadwayi* Ames (Cuba-Guadalupe), *Bunchosia swartziana* Griseb (east of Cuba-Jamaica), and *Cornutia pyramidata* L. (Cuba-Antilles). The latter should suggest a change to the definition for "Antillean" taxa. The "Caribbean" taxa comprised 23% of the total. The majority of the remaining species present a Neotropical distribution, followed by Pantropical and Cosmopolitan. The relative importance of these groups follows a pattern noted previously by Miranda (1958) and Rzedowski (1978). Moreover, if we added to the "Caribbean" species taxa now known to have a wider distribution, like the Cuban "endemics" now reported for the Yucatán Peninsula, a considerable number of common taxa would exhibit a much wider distribution than previously thought. The latter could be particularly important when dealing with the management and conservation of biological diversity.

The Mexican island of Cozumel forms a unique group, separated from the rest of the areas analyzed (11% similarity). This we suggest is the result of several factors: (i) the island is of small size relative to the other areas studied, (ii) it is relatively homogeneous in vegetation and landscape, (iii) a comparatively low species richness, and (iv) most of the species are of wide distribution (no unique or rare species) (Borhidi, 1991). For the rest

of the regions compared in this study, our results suggest that the Yucatan Peninsula and the karst areas of the Cuban Archipelago are more closely related than was previously believed. The predominant life forms of species common to both areas were grasses (54%), trees (18%), and shrubs (15%). The majority of families are of Amazonian origin, but Andean and Laurasian families are also important. Although Neotropical species predominate, the presence of Cuban endemics, now reported for the Yucatán Peninsula, as well as of other species of Caribbean-restricted distribution, changes the existent concept of the geographical distribution of the species common to both study areas. Despite previous accounts, it was not solely the Peninsula of Guanahacabibes but also the south of Isla de la Juventud that exhibited the highest floristic similarity with the Yucatán Peninsula; particularly with the state of Yucatán. We suggest that the latter is due to a similarity in climate, particularly rainfall, between Isla de la Juventud and Yucatán; which had not been noted previously. A similar situation occurs between Isla de la Juventud and the Mexican states of Campeche and Quintana Roo, which are more similar among them than to the Guanahacabibes Peninsula in Cuba. The Gibarensis district (i.e., the keys of Caguanes, Coco and Romano, and the plains of Las Tunas) in east-central Cuba (Camagueyicúm), also exhibited a close floristic association with the Yucatán Peninsula. On the contrary, the south and north sectors of eastern Cuba (i.e., Morrillo Chico and Maisí-Guantanamo), exhibited a strong association with the rest of the Greater Antilles, and also some important similarities with the Yucatán Peninsula. Also, non-coastal areas of Cuba, had the least similarity with the Yucatán Peninsula. Western Cuba is closely related to the peninsulas of Florida and Yucatán; the Florida keys are also related to central-west Cuba; The Bahamas are strongly related to the Florida keys and the coastal areas on central-west Cuba; eastern Cuba exhibits strong relationships with Honduras, Nicaragua and the rest of the Greater Antilles, as well as with northern South America (Samek, 1973). Finally, our results from the quantitative analysis of the floristic affinities between the Yucatán Peninsula and karstic areas of the Cuban Archipelago, have surpassed the estimates of previous authors. They also support hypotheses suggesting that during the geologic and paleogeographic evolution of the Caribbean basin, Cuba and the

Yucatán Peninsula were at certain times connected, even though imperfectly, allowing for a direct exchange of floristic elements between the two areas, as well as with the rest of the Greater Antilles (Coney, 1982; Iturralde-Vinent, 1982, 1988; Borhidi, 1988).

ACKNOWLEDGMENTS

We thank Attila Borhidi for his comments and suggestions to an earlier draft of the manuscript. Research was supported by CONACYT (4173-PB), IdeaWild, and Instituto de Ecología, A.C. (902-17, 902-16).

REFERENCES

Alain, Hno. (1946) Notas taxonómicas y ecológicas sobre la flora de Isla de Pinos. *Contr. Ocas. Mus. Hist. Nat. Colegio de la Salle* **7**, 1-115.

Alain, Hno. (1953) El endemismo en la flora de Cuba. *Rev. Soc. Cubana Bot.* **21**, 187-193.

Alain, Hno. (1958) La Flora de Cuba: sus principales características, su origen probable. *Rev. Soc. Cubana Bot.* **15**, 36-59.

Alain, Hno. (1964) Flora de Cuba. *Asociación de Estudios Ciencias Biológicas (Cuba)* **5**, 1-362.

Alain, Hno. (1974) Flora de Cuba. *Suplemento del Instituto Cubano del Libro*, La Habana.

Asprey, G.F. & Robbins, R.G. (1953) The vegetation of Jamaica. *Ecol. Monogr.* **23**, 359-412.

Borhidi, A. (1973) *Kuba geobotanikájának alapjai*, 229 pp. Unpublished Ph.D. thesis, Janus Pannonius University PÉCS, Budapest, Hungary.

Borhidi, A. (1985) Phytogeographical survey of Cuba. I. Characteristics and origin of the flora of Cuba. *Act. Bot. Hungary* **31**, 3-34.

Borhidi, A. (1991) *Phytogeography and vegetation ecology of Cuba*, 56 pp. Akademia Kiado, Budapest, Hungary.

- Borhidi, A. (1993) Dry coastal ecosystems of Cuba. *Ecosystems of the world 2B: Dry coastal ecosystems, Africa, America, Asia and Oceania* (ed. by E. van der Maarel), 423-452 pp. Elsevier, The Hague.
- Borhidi, A. (1998) *Fitogeografía y ecología de vegetación de Cuba*. Janus Pannonius University PÉCS, Budapest, Hungary.
- Chiappy, C. (1989) *La vegetación de los cayos Santa María, Las Brujas. Ensenachos y Francés*, 14 pp. Academia de Ciencias de Cuba, La Habana.
- Chiappy, C. & Enríquez, N. (1990) Vegetación de los cayos Mégano Grande, Cruz, Romano y Guajaba. *Estudio de los grupos insulares y zonas litorales del Archipiélago Cubano con fines turísticos, Cayos Mégano Grande, Cruz, Romano Guajaba* (ed. by Academia de Ciencias de Cuba, Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía), 2:45-49. ICGC, La Habana, Cuba.
- Chiappy, C., Enríquez, N. & Vandama, R. (1989) Vegetación de Cayo Sabinal. *Estudio de los grupos insulares y zonas litorales del Archipiélago Cubano con fines turísticos, Cayo Sabinal - Playa Sta. Lucía* (ed. by Academia de Ciencias de Cuba, Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía), 1:28-33: pp. ICGC. La Habana, Cuba.
- Chiappy, C. & Gama, L. (1992) Base de datos de la flora costera de Cuba: perspectivas para la conservación de la diversidad florística de la región Caribe. *Proc. Symp. management of data on biological diversity and conservation* (ed. by L. Giddings), 61 pp. Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Veracruz, México.
- Chiappy, C., & Gama, L. (1997) Especies endémicas de la Antigua Provincia de Camagüey, Cuba. *Brenesia*. 47-48:83-92.
- Chiappy, C., Herrera, P. & Iñiguez, L. (1988) Aspectos botánicos y valores para la conservación de la naturaleza de la llanura costera de la prov. Las Tunas. *Acta Bot. Cubana* **61**, 1-26.
- Chiappy, C., L. Montes, L. & Herrera, P. (1986) Algunos aspectos de la flora y vegetación de Cayo Caguanes, S. Spiritus. *Proc. 1st Cuban Symp. of Botany*, **3**, 59-84 pp. La Habana, Cuba.

- Coney, P.J. (1982) Tectonic constraints on the biogeography of middle America and the Caribbean region. *Ann. Missouri Bot. Gard.* **69**, 432-443.
- Espejel, I. (1987) A phytogeographical analysis of coastal vegetation in the Yucatán Peninsula. *J. Biogeogr.* **14**, 499-519.
- Estrada-Loera, E. (1991) Phytogeographic relationships of the Yucatan Peninsula. *J. Biogeogr.* **18**, 677-679.
- Flores J.S. & Espejel, I. (1994) Tipos de vegetación de la península de Yucatán. *Etnoflora Yucatanense* (ed. by J.S. Flores), 3:1-35 pp. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México.
- García, E.E. (1990) *La Vegetación del sur de la Isla de la Juventud*, 109 pp. Unpublished Ph.D. thesis, Universidad de La Habana, La Habana, Cuba.
- García, E.E., Capote, R., Herrera, P. & Surlí, M. (1985) La vegetación del sur de la Isla de la Juventud. *Rev. Jard. Bot. Nac. (Cuba)* **6**, 79-84.
- García, E.E., Ricardo, N., Oviedo, R. & Capote, R. (1986) Flora y vegetación del área de Morrillo Chico, Santiago de Cuba. *Proc. 1st Cuban Symp. of Botany*, **3**, 1-24 pp. La Habana, Cuba.
- García, E.E., Capote, R. & Urbino, J. (1988) Mapa de la vegetación actual de la Isla de la Juventud, Cuba (1:250 000). *Act. Bot. Cubana* **70**, 1-6 + map.
- Gentry, A.H. (1982) Neotropical floristic diversity: phytogeographical connections between Central and South America, Pleistocene climatic fluctuation, or an accident of the Andean orogeny? *Ann. Missouri Bot. Gard.* **69**, 557-593.
- Graham, A. (1973) The vegetation and vegetetion history of temperate forest of Northern Latin America. *Vegetation and vegetational history of northern Latin America* (ed. by A. Graham), 1-38 pp. Elsevier, New York.
- Hengeveld, R. (1991) *Dynamic biogeography*, 247 pp. Cambridge University Press, Cambridge.
- Howard, R.A. (1973) The vegetation of the Antilles. *Vegetation and vegetational history of northern Latin America* (ed. by A. Graham), 1-38 pp. Elsevier, New York.

- Isphording, W.C. (1975) The physical geology of Yucatan. *Trans. Gulf Coast Ass. Geol. Soc.* **25**, 231-262.
- Isphording, W.C. (1978) Mineralogical and physical properties of Gulf coast limestone soils. *Trans. Gulf Coast Ass. Geol. Soc.* **28**, 201-214.
- Iturralde-Vinent, M.A. (1982) Aspectos geológicos de la biogeografía de Cuba. *Ciencias de la Tierra y el Espacio. Academia de Ciencias, Cuba* 5:84-100.
- Iturralde-Vinent, M.A. (1988) *Naturaleza geológica de Cuba*. Editorial Científico-Técnico, Cuba.
- León, Hno. (1917-1918) Las exploraciones botánicas de Cuba, 228 pp. *Mem. Poey Society*.
- León, Hno. (1946) Flora de Cuba (vol. 1). *Contr. Ocas. Mus. Hist. Nat. Colegio La Salle* **8**, 1-441.
- León, Hno. (1949) Vegetación de la Isla de Pinos. *Rev. Soc. Geográfica (Cuba)* **1-2**, 34-42.
- León, Hno. & Alain, Hno. (1951) Flora de Cuba (vol. 2). *Contr. Ocas. Mus. Hist. Nat. Colegio La Salle* **10**, 1-456.
- León, Hno. & Alain Hno. (1953) Flora de Cuba. (Vol. 3). *Contr. Ocas. Mus. Hist. Nat. Colegio La Salle* **12**, 1-502.
- León, Hno. & Alain, Hno. (1957) Flora de Cuba. (vol. 4). *Contr. Ocas. Mus. Hist. Nat. Colegio La Salle* **16**, 1-556.
- López A., Rodríguez, M. & Cárdenas, A. (1992) El endemismo vegetal en Maisí-Guantánamo (Cuba Oriental). *Fontqueira* **36**, 399-420.
- Ludwig, J.A. & Reynolds, J.F. (1988) *Statistical ecology*, 337 pp. John Wiley & Sons, New York.
- Méndez I.E., Gueorguievich, A. Risco, R., Martínez, V. & Trujillo, R. (1989) Contribución al conocimiento de la flora y vegetación de la Sierra de Cubitas (Camaguey). *Rev. Jard. Bot. Nacional (Cuba)* **2**, 51-70.

- Menéndez, L., Herrera, P. & Chiappy, C. (1981) Flora y vegetación de la franja costera Maisí-Guantánamo. Proc. 1st Cuban Congr. of biological sciences 18-19 pp. Academia de Ciencias de Cuba, La Habana.
- Miranda, F. (1958) La vegetación de la península de Yucatán. *Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento* (ed. by E. Beltrán), **2**, 215-271 pp. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, México, D.F.
- Montes, L., Fidalgo, O. & Chiappy, C. (1989) Flora de la Sierra de Anafe. *Act. Bot. Cubana* **74**, 1-26.
- Pielou, E.C. (1977) *Mathematical ecology*, 385 pp. John Wiley & Sons, New York.
- Raven, R.H. & Axelrod, A.I. (1974) Angiosperm biogeography and past continental movements. *Ann. Missouri Bot. Gard.* **61**, 539-673.
- Rholf, J.F. (1997) *NTSYS-pc, numerical taxonomy and multivariate analysis system*, 32 pp. Exeter Software, New York.
- Rzedowski, J. (1978) *Vegetación de México*, 431 pp. Ed. LIMUSA, Mexico, D.F.
- Samek, V. (1973) Regiones fitogeográficas de Cuba. *Acad. Ciencias Cuba, Ser. Forest.* **15**, 1-63.
- Samek, V., del Risco, E. & Vandama, R. 1988. Fitoregionalización del Caribe. *Rev. Jard. Bot. Nacional (Cuba)* **9**, 25-38.
- Sneath, P.H.A. & Sokal, R.R. (1973) *Numerical taxonomy*, 573 pp. W.H. Freeman and Company, San Francisco
- Sosa, V., Flores, J.S., Rico-Gray, V., Ortiz, J.J. & Lira, R. (1985) Lista florística y sinonimia Maya. *Etnoflora Yucatanense* (ed. by V. Sosa). **1**, 1-225 pp. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Xalapa, Veracruz, México.
- Sousa, M. & Cabrera, E.F. (1983) *Listados florísticos de México. II. Flora de Quintana Roo*, 100 pp. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Spellerberg, I.F. & Sawyer, J.W.D (1999) *An introduction to applied biogeography*, 243 pp. Cambridge University Press, Cambridge.
- Standley, P.C. (1930) Flora of Yucatán. *Publ. Field Mus. Nat. Hist., Bot. Ser.* **3**, 157-492.

Téllez- Valdés, O. & Cabrera, E.F. (1987) *Listados Florísticos de México VI. Flórua de la Isla de Cozumel, Q. R.*, 34 pp. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.

Whittaker, R.H. (1970) *Communities and ecosystems*, 385 pp. MacMillan, London.

Zar, J.H. (1996) *Biostatistical analysis*, 662 pp. + appendices, tables and index. Prentice Hall, New Jersey.

Table 1. Life forms of the species common to both study areas

Life form	Percent
Herbs	54.2
Trees	18
Shrubs	15
Vines	7
Postrated	0.7
Other (aquatic, parasitic)	5.1

Table 2. Centers of origin of the families found in both study areas (based on Gentry, 1982).

Origin	Percent
Amazonian	33
Laurasian	10
North Andean	17
South Andean	5
Dry areas	3
Unassigned	32

Table 3. Geographic distributions of the species common in both study areas.

Distribution	Percent
Cuban "endemics" reported for Yucatán	2
Common to Cuba and Yucatán	1.4
Caribbean species reported for Yucatán	11
Cuba-Jamaica-Yucatán	0.3
Caribbean	23
Neotropical	47
Pantropical	13
Cosmopolitan	3

Appendix 1. Cuban "endemics" reported for Yucatan (Cuban synonyms in parenthesis).

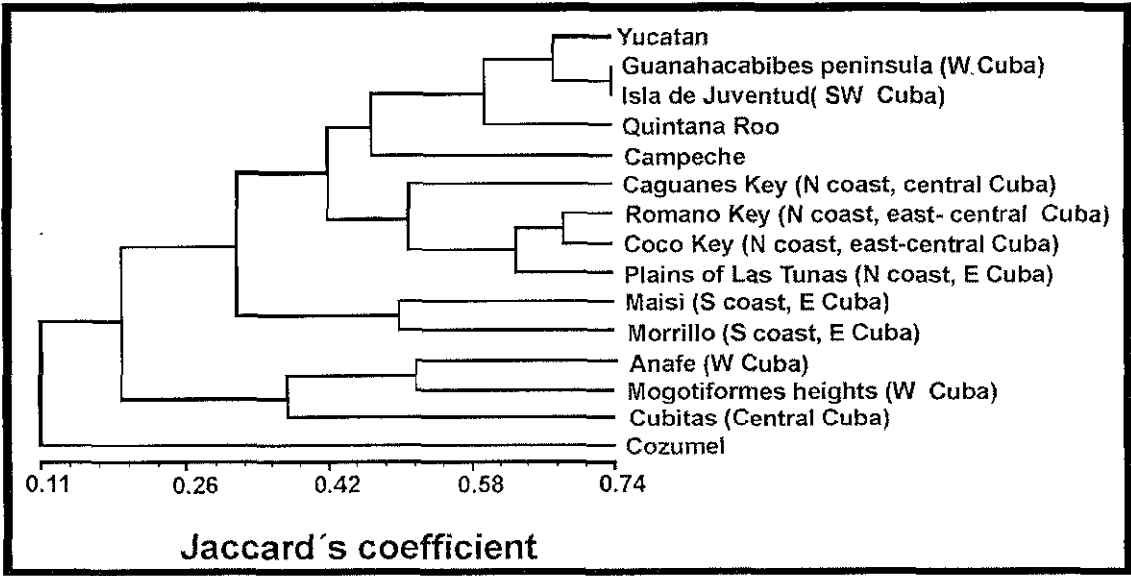
- 1 *Callicarpa acuminata* H. B. & K. (*C. roigii* Britt.)
- 2 *Canavalia brasiliensis* Mart. ex Benth. (*C. campylocarpa* Piper.)
- 3 *Cordia angiocarpa* A. Rich. (*C. dodecandra* DC.)
- 4 *Dalbergia brownei* (Jacq.) Urban
- 5 *Erythrina cubensis* C. Wright (*E. corallodendron* Griseb)
- 6 *Fimbristylis dichotoma* Vahl
- 7 *Helianthium nymphaeifolium* (Griseb.) Small
- 8 *Hyperbaena cubensis* (Griseb.) Urb.
- 9 *Oxalis pinetorum* Urb. (*O. frutescens* Griseb not L.)
- 10 *Passiflora cubensis* Urb. (*P. coriacea* A. Rich.)
- 11 *Sabal japa* Wright
- 12 *Scleria bracteata* Cav. (*S. stereorrhiza*)
- 13 *Securidaca elliptica* Turcz. (*S. diversifolia* (L.) Blake)
- 14 *Solanum lanceifolium* Jacq. (*S. sagraenum* A. Rich)
- 15 *Swartzia cubensis* (Britton & Wills.) Standl.
- 16 *Thrinax radiata* Lodd. ex J. A. & J. H. Schutt

Appendix 2. Taxa with distribution restricted to Cuba and the Yucatan peninsula (Cuban synonyms in parenthesis).

- 1 *Ageratum maritimum* H. B. & K.
- 2 *Bravaisia tubiflora* Hemsl.
- 3 *Calliandra grisebachii* (Britt. & Rose) Standl.
- 4 *Calliandra grisebachii* (Britt. & Rose) León (*C. gracilis*)
- 5 *Crusea hispida* (Mill.) Robinson
- 6 *Diospyros anisandra* Blake
- 7 *Euphorbia pulcherrima* Willd.
- 8 *Erythrina standleyana* Krukoff.
- 9 *Forchazhammeria trifoliata* Radlk.
- 10 *Jacquemontia havanensis* (Jacq.) Urban
- 11 *Maytenus phyllanthoides* Benth.
- 12 *Parathesis cubana* (A. DC.) Molinet & Gómez Maza
- 13 *Psidium sartorianum* (O.Berg.) Nied. (*Calyptropsidium santorianum* (Berg) Krug & Urb.)
- 14 *Smilax mollis* Humb. & Bonpl. ex Willd.

FIGURE LEGEND

Fig. 1. Dendrogram showing the results of the cluster analysis based on coefficients obtained using the Jaccard index of similarity. The Mexican island of Cozumel exhibited the lowest similarity relative to the rest of the sites. The second level shows of two large groups (i) the Yucatán Peninsula (Campeche, Yucatán, Quintana Roo) and the coastal areas of Cuba, and (ii) sites in the Cuban interior. Highest similarity within the Cuban sites was between Isla de la Juventud and Guanahacabibes peninsula; both areas also showed the highest floristic similarity with the Yucatán Peninsula. The keys of Coco, Romano, Caguanes and the coastal plain of Tunas form a second group of Cuban localities that exhibited a relatively high floristic affinity with the Yucatán Peninsula. The areas of Maisí, Morrillo and Chico, in the eastern part of Cuba, form a group with considerably high similarity, and are physically the closest to Yucatán after the Coco-Romano-Caguanes group. Finally, the Cuban areas of Anafe and Cubitas hills and the Mogotiform heights are the least similar to the Yucatán Peninsula.



Capítulo IV

Modificaciones y fragmentación de los geocomplejos de la península de Yucatán y sus posibles implicaciones fitogeográficas

Modificaciones y fragmentación de los geocomplejos de la península de Yucatán y sus posibles implicaciones fitogeográficas

Carlos Chiappy*, Lilly Gama*, Lorrain Giddings*, Victor Rico-Gray*
y Alejandro Velázquez**

Resumen

La península de Yucatán, por sus características físico-geográficas, su diversidad y riqueza, se diferencia del resto de México, manteniendo interesantes relaciones biogeográficas con las Antillas y el Caribe. Por otro lado, son escasos los trabajos acerca de la problemática de sus paisajes, y contar con mapas de integración de los componentes naturales, así como de las modificaciones en los mismos, facilitará las futuras investigaciones en el campo de las ciencias naturales, de la planificación territorial y la biogeografía. En esta investigación, se evaluaron los diferentes grados de modificación que han ocurrido en los diferentes geocomplejos naturales existentes en la península, así como los niveles de fragmentación que presentan los mismos de acuerdo a la metodología propuesta por Chiappy (1996). En general, se encontró que existía una erosión y fertilidad moderadas, por lo que la mayoría de las zonas agrícolas son productivas aunque se requiere de una artificialización importante, resultando en un mapa con ocho grados de modificación. De los tres estados, se evidenció, que Quintana Roo es donde mejor se encuentran conservados los geocomplejos naturales, aspecto en que ha jugado un papel importante la reserva de la biosfera de Sian Ka'an, donde las áreas consideradas de poco y débilmente ocupan una superficie importante.

* Instituto de Ecología, A.C.

** Instituto de Geografía, UNAM.

Abstract

The Yucatan peninsula, because of its physical and geographic characteristics, as well as its diversity and richness, is different from the rest of Mexico. This area has interesting biogeographic relationships with the Antilles and the rest of the Caribbean region. There is a lack of information in Yucatan related to their landscapes and the availability of cartography where the natural components are integrated as well as the modification that they had undergone, which would be useful for future research on land use, planning and biogeography. We evaluated the different degrees of modification that had occurred in the different natural areas that exist in the peninsula, as well as their levels of fragmentation following the methodology proposed by Chiappi (1996). In general, we found that there was moderate erosion and fertility: most of the agricultural areas are productive, although there is a requirement for improvement with artificialization. The resulting map had classes of modification. Of the three states of the peninsula it was evident that Quintana Roo is best preserved. This has had a very important role in the Sian Ka'an Biosphere Reserve, where areas considered as slightly modified are predominant.

Palabras clave: Fragmentación, Yucatán, fitogeografía, paisaje, modificación.

Introducción

El hombre, con su actividad modificadora, ha ido modelando la estructura de los paisajes modernos, mientras que los ecosistemas naturales van quedando restringidos a pequeños remanentes o estrechos corredores embebidos en una

gran matriz heterogénea, donde se aprecia todo un gradiente de modificación, que abarca desde ecosistemas naturales o restos de los mismos, hasta paisajes rurales y urbanos (Forman y Godron, 1986).

Hoy en día, los remanentes de ecosistemas naturales y corredores de especies originados por la fragmentación de los paisajes, juegan un importante rol en las políticas de restauración ecológica y de preservación de la biodiversidad, ya que los mismos se consideran como los relictos del fondo genético de un territorio. Por tal motivo, se han convertido en objeto de estudio primordial de la ecología del paisaje, a partir de los cuales pueden desarrollarse procesos de regeneración, reintroducción y flujos de especies.

Diferentes enfoques y metodologías se han desarrollado desde hace algunos años para evaluar el estado de conservación o deterioro de los geocomplejos. Por ejemplo existe el concepto de modificación antrópica muy utilizado sobre todo en los países de Europa oriental el cual se define como "la adquisición o pérdida por el paisaje de determinadas propiedades que conducen a cambios en la formación de los diversos grados y tipos de paisajes" (Sistema de Normas para la Protección del Medio Ambiente, 1987). Otro concepto muy utilizado en ecología es el concepto de disturbio el cual ha sido definido de varias maneras por diferentes autores. Por ejemplo, Sousa (1984), plantea que tradicionalmente los disturbios han sido vistos como eventos irregulares poco comunes que causan cambios abruptos en la estructura de las comunidades naturales cambiando su estado desde una posición estática a otra cercana al equilibrio. Begon *et al.*, (1996) lo definen como "un evento que ocurre en una comunidad ecológica, provocando la remoción de sus organismos y abriendo espacios que pueden ser colonizados por especies individuales o por diferentes especies". Por su parte Forman y Godron (1986), definen el disturbio como "un evento que causa cambios significativos en el patrón

normal de un sistema ecológico". En el caso de Forman (1995) define como disturbio como " un evento que altera significativamente el patrón de variación en la estructura o funcionamiento de un sistema. Usualmente se refiere a fenómenos naturales, pero cuando se trata de actividades humanas lo define como disturbios humanos.

Godron y Forman (1983) consideran que el régimen de disturbio, en turno, es la suma de los tipos, frecuencias, e intensidades de los disturbios a través del tiempo en los paisajes. Este es considerado como algo que causa que las características de las comunidades o ecosistemas, como es la diversidad de especies, flujo de nutrientes, biomasa, estructura vertical y horizontal, etc., puedan aumentar o disminuir sobrepasando su rango de variación (homeostasis).

Por su parte Godron y Forman (1983) plantean seis diferentes regímenes de disturbio, los cuales se mencionan a continuación: (1) La vegetación natural (pastizales, bosques lluviosos, desiertos, etc.) son afectados por disturbios naturales en ausencia de efectos humanos significativos. (2) El segundo nivel en el gradiente de modificación del paisaje es ilustrado por áreas recién colonizadas por el hombre y donde la vegetación natural es clareada para el asentamiento de viviendas y plantaciones adyacentes. Se destaca que significativos efectos se aprecian cerca de los claros de la vegetación natural. (3) En el tercer nivel la mayoría del paisaje es similar a la vegetación natural, pero es manejada para pastoreo, prácticas forestales, etc. Este patrón de manejo de la vegetación comienza a crear diferencias en la composición de especies, flujos de energía y nutrientes diferentes a los que existían en la vegetación natural. (4) El cuarto nivel muestra que la mayor parte del área ha sido transformada en plantaciones, pero aún existen algunos remanentes de la vegetación natural. (5) En el quinto nivel áreas habitacionales y pueblos, así como áreas suburbanas son predominantes,

quedando algunos fragmentos aislados de vegetación natural. (6) En el sexto nivel una insignificante parte de la vegetación natural permanece dentro de una matriz de urbanización e industrialización.

Por lo que se infiere de las diferentes definiciones del concepto de disturbio, que sin duda es de gran interés e importancia, los mismos requieren generalmente, de estudios ecológicos más detallados y puntuales y escalas cartográficas más precisas, posiblemente por ejemplo a 1: 5, 000. 1: 10, 000, 1: 25, 000, o si la extensión del disturbio es de grandes proporciones, sería posible utilizar una escala de 1: 50. 000. Sin embargo, dadas las posibilidades de logística e infraestructura en que se desarrolló este trabajo, su objetivo principal fue realizar un estudio de las afinidades fitogeográficas entre la península de Yucatán y el archipiélago cubano, realizado bajo un enfoque geosistémico, fue de mayor utilidad utilizar la metodología propuesta por Chiappy *et al.*, (1989; 1990; 1996), por dos motivos fundamentales: (1) podía ser georeferenciada al mapa de paisajes elaborado para la península de Yucatán. (2) Al estar automatizada permitía conjuntamente con la verificaciones de campo, utilizar la cartografía disponible y poder hacer los cruzamientos para la elaboración de mapas intermedios que ofrecieran un diagnóstico general del estado de modificación y fragmentación que presentan los geocomplejos de la península de Yucatán

La península de Yucatán, dadas sus características físico-geográficas, así como por la diversidad y riqueza de su biota, se diferencia en gran medida del resto del territorio mexicano, aspecto que le otorga una gran relevancia desde el punto de vista biogeográfico.

En este sentido es conocido que esta península mantiene interesantes relaciones biogeográficas con la región de las Antillas y el Caribe en general,

aspecto que ha sido discutido por diferentes autores como: Standley 1930, Miranda 1959, Rzedowski 1978, Alain 1958, Samek 1973, Espejel 1987, Borhidi 1973, 1985, 1991, Estrada-Loera 1991 y Chiappy *et al.*, 2001, entre otros.

Por otra parte, debe mencionarse que no han sido frecuentes los trabajos que abarquen la problemática de los paisajes de la península de Yucatán. Algunos aspectos afines han sido tratados en el Nuevo Atlas de México y por Instituto Nacional de Ecología. Es por ello que contar con mapas de integración de los componentes naturales, así como de las modificaciones que han ocurrido en los mismos, es de gran importancia para la realización de futuras investigaciones en el campo de las ciencias naturales, de la planificación territorial, así como en los estudios biogeográficos actuales que se llevan a cabo sobre este territorio.

El objetivo del presente trabajo ha sido evaluar los diferentes grados de modificación que han ocurrido en los diferentes geocomplejos naturales existentes en la península de Yucatán, así como los niveles de fragmentación que presentan los mismos, de manera que esta información pueda tomarse en cuenta en próximos estudios biogeográficos, de ordenamientos ecológicos, de planificación territorial o de otros tipos a realizar en la península de Yucatán.

Metodología

En la evaluación de las modificaciones ecológico-paisajísticas se tomaron en consideración los siguientes aspectos, según Chiappy (1996).

- 1) Definición del sistema de unidades taxonómicas de los paisajes (Chiappy *et al.*, 2000)

- 2) Identificación de las actividades antrópicas desarrolladas histórica y actualmente en el territorio.
- 3) Identificación de eventos y procesos naturales ocurridos o que ocurren en el territorio (huracanes, sistemas frontales, inundaciones estacionales o temporales, procesos abrasivos- erosivos, penetraciones marinas e incendios forestales).
- 4) Análisis dentro de cada unidad de paisaje, de las interacciones entre actividades antrópicas y procesos naturales.
- 5) Análisis dentro de cada unidad de paisaje, de la compatibilidad entre el potencial geosistémico y las actividades antrópicas desarrolladas en las mismas.
- 6) Análisis de la compatibilidad entre las diferentes actividades antrópicas desarrolladas histórica y actualmente en cada unidad de paisaje.
- 7) Definición de las combinaciones causa-efecto y de las posibles modificaciones ocurridas en cada uno de los componentes de cada unidad de paisaje.
- 8) Diagnóstico del estado de conservación de las propiedades geosistémicas de los paisajes, así como sus posibilidades de rehabilitación.
- 9) Definición de los grados de modificación del territorio.
 - a) El número de grados de modificación puede variar en dependencia de la complejidad y extensión del territorio en estudio.
 - b) La magnitud de los grados de modificación varía, en primer lugar, en dependencia de las modificaciones que van sufriendo de los componentes más susceptibles (componentes bióticos), hasta los más estables como son la geología y el relieve.

Para la automatización de dicha metodología se siguió el procedimiento propuesto por Chiappy *et al* (1997), con base a la información cartográfica

de SPP (1982) a escala 1: 1 000 000. Los cruzamientos realizados para elaborar los mapas preliminares y final se ilustran en las figuras 1, 2, 3 y 4.

Los porcentajes de fragmentación ocurridos en los geocomplejos en relación a los diferentes grados de modificación, se obtuvieron mediante la utilización del programa FRAGSTAT (Mcgarigal y Marks 1994).

Los resultados preliminares obtenidos fueron corroborados mediante la determinación de puntos de referencias y constatados en el trabajo de campo.

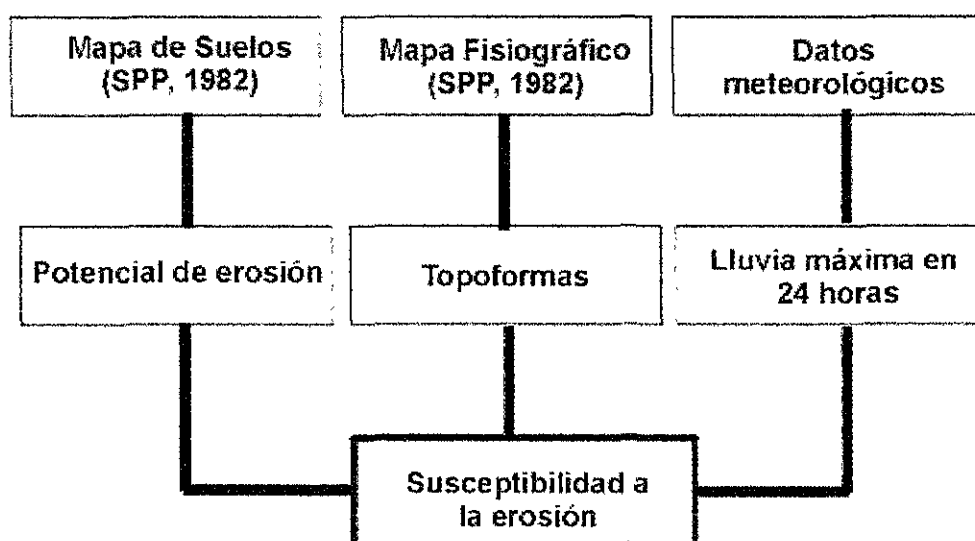


Figura 1. Esquema del cruzamiento realizado para elaborar el mapa de susceptibilidad a la erosión.

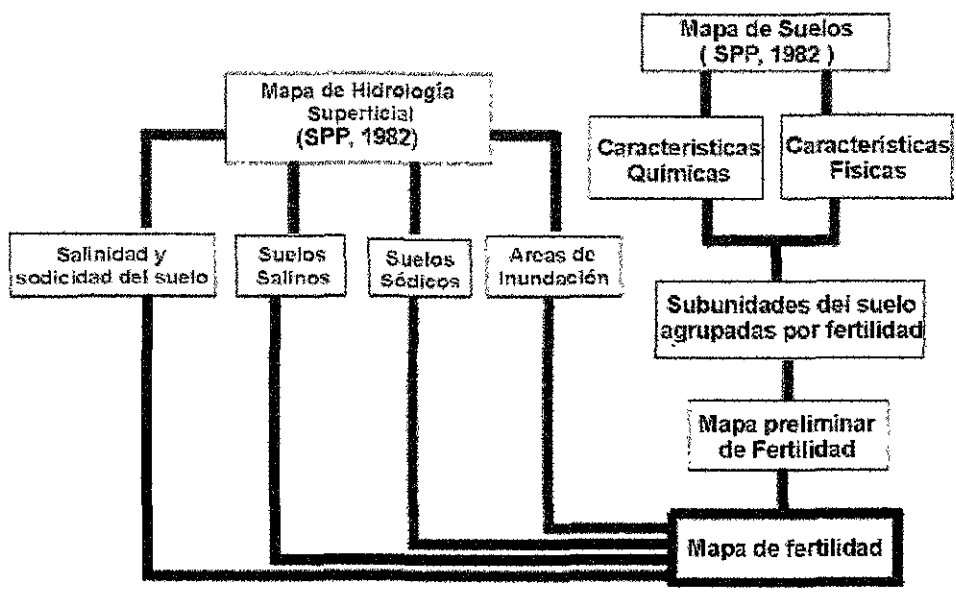


Figura 2. Esquema del cruzamiento realizado para elaborar el mapa de fertilidad del suelo.

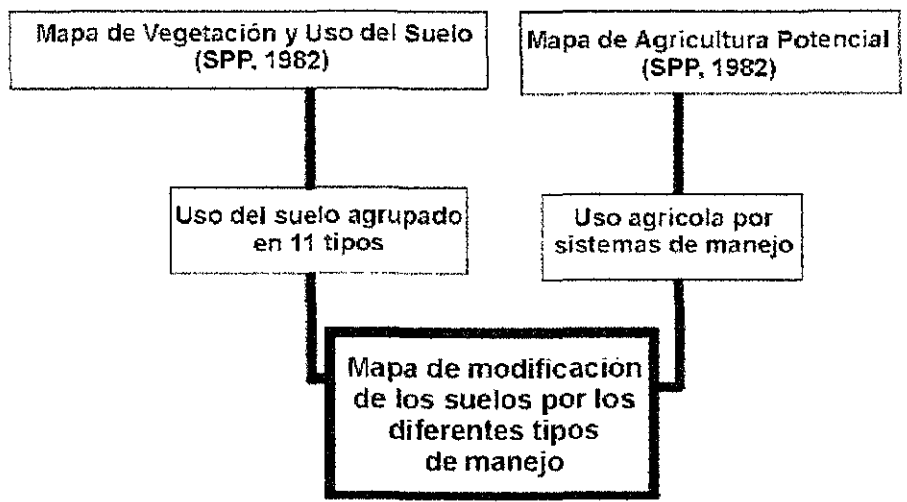


Figura 3. Esquema del cruzamiento realizado para elaborar el mapa de modificación de los suelos por los diferentes tipos de manejo.

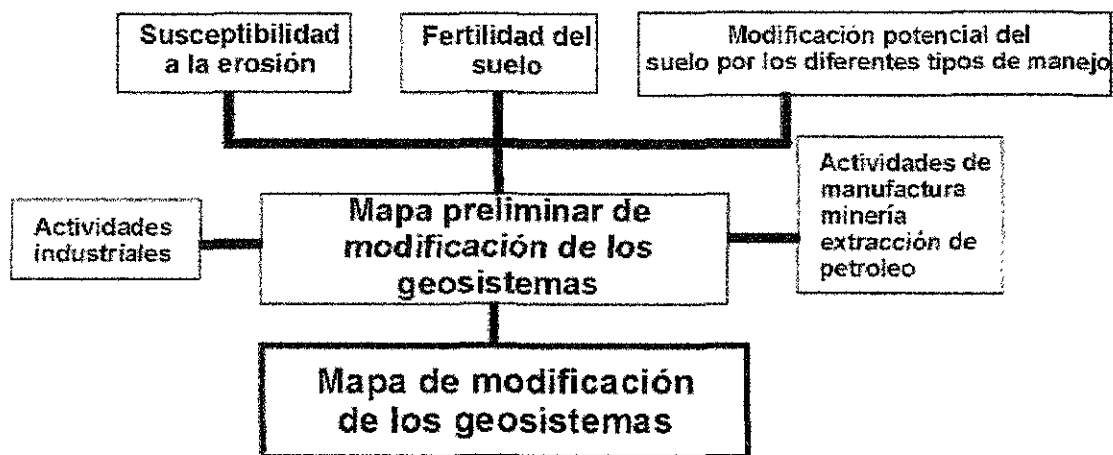


Figura 4. Esquema del cruzamiento final para elaborar el mapa de modificación de los geocomplejos.

Para la evaluación de las regiones prioritarias para la conservación se tomaron en cuenta los criterios de CONABIO/PRONATURA/WWF/FMCN/USAID/TNC/INE (1999)

Resultados

Estado actual de los paisajes de la península de Yucatán

En sentido general, se puede decir con respecto a la erosión potencial detectada en la península (figura 5) los siguientes datos: existen 44,875 km² de zonas con erosión baja, 73, 985 km² con erosión moderada, 16,217 km² de moderada-fuerte y 707 km² de erosión fuerte, aspectos que coinciden con las

características, geomorfológicas y edáficas que se presentan en el territorio y donde las diversas actividades antrópicas desarrolladas en el mismo juegan un papel importante en las cifras presentadas.

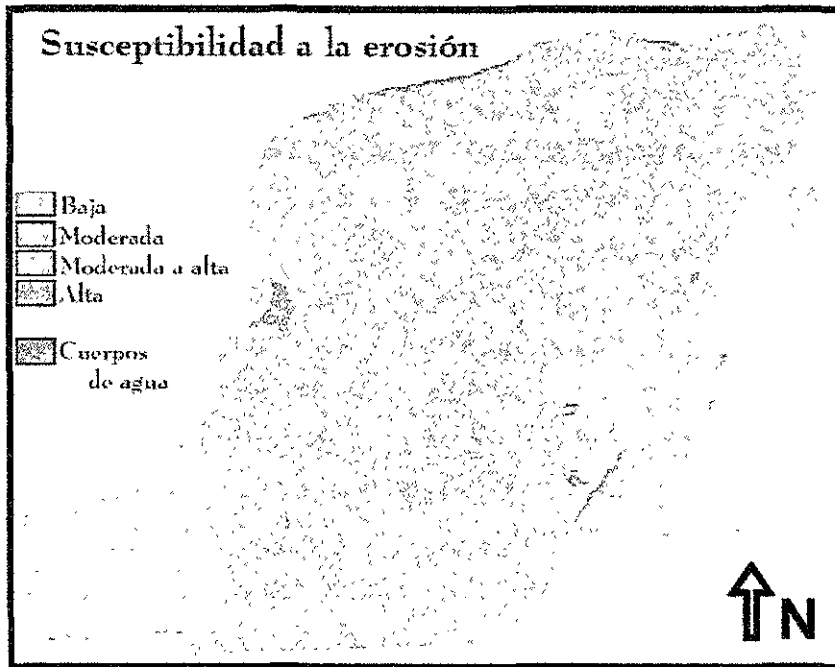


Figura 5. Mapa de susceptibilidad a la erosión de la península de Yucatán.

El comportamiento en la fertilidad de los suelos (figura 6) arrojó los siguientes resultados: 44,317 km² de la superficie de la península está cubierta por suelos poco fértiles; 72,203 km² tienen suelos moderadamente fértiles, mientras los 19,232 km² restantes presentan suelos considerados como fértiles.

Si se hace una sumatoria de las dos primeras categorías, se puede inferir que para que la mayoría de las zonas agrícolas sean productivas se requiere de una artificialización importante, en cuanto a insumos agroquímicos, lo cual pudiera ser un riesgo, en términos de contaminación a las aguas superficiales, si se toma en

cuenta la permeabilidad de la estructura geológica cársica de la mayor parte de la península, así como la susceptibilidad de los componentes bióticos que existen en la misma.

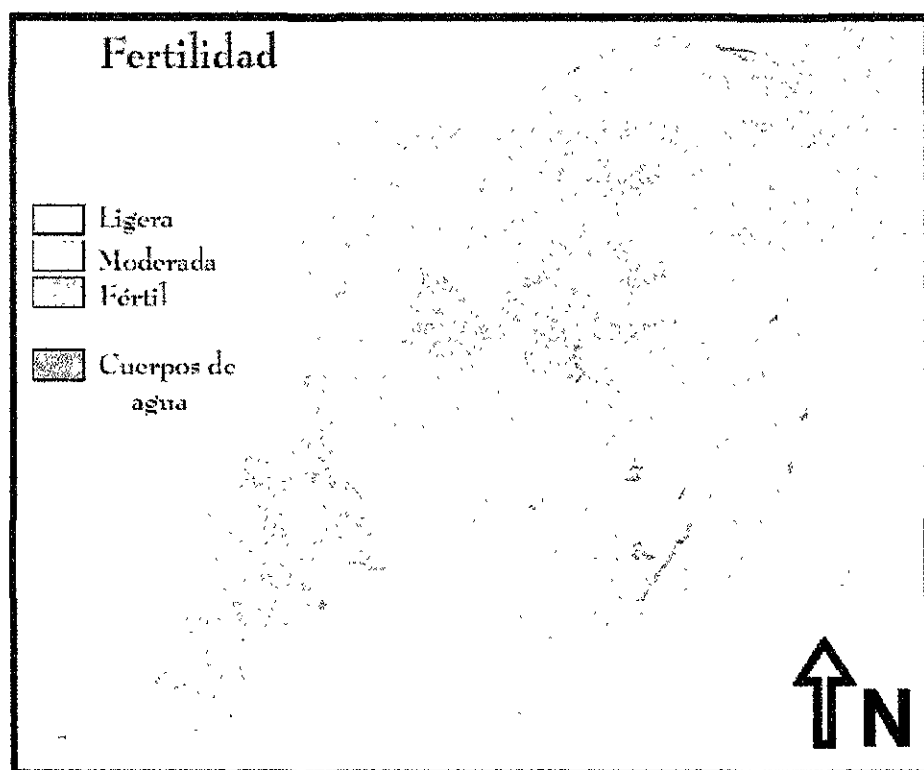


Figura 6. Mapa de fertilidad de los suelos de la península de Yucatán.

En cuanto a las modificaciones ocurridas por las formas de laboreo o de manejo de la tierra con fines agrícola y pecuario (figura 7), la situación es la siguiente: la sumatoria de las zonas consideradas como poco, débilmente y parcialmente modificadas por laboreo abarcan una superficie de 106,363 km²; las zonas consideradas como medianamente, fuertemente y muy fuertemente modificadas por laboreo implican una superficie de 30,009 km².

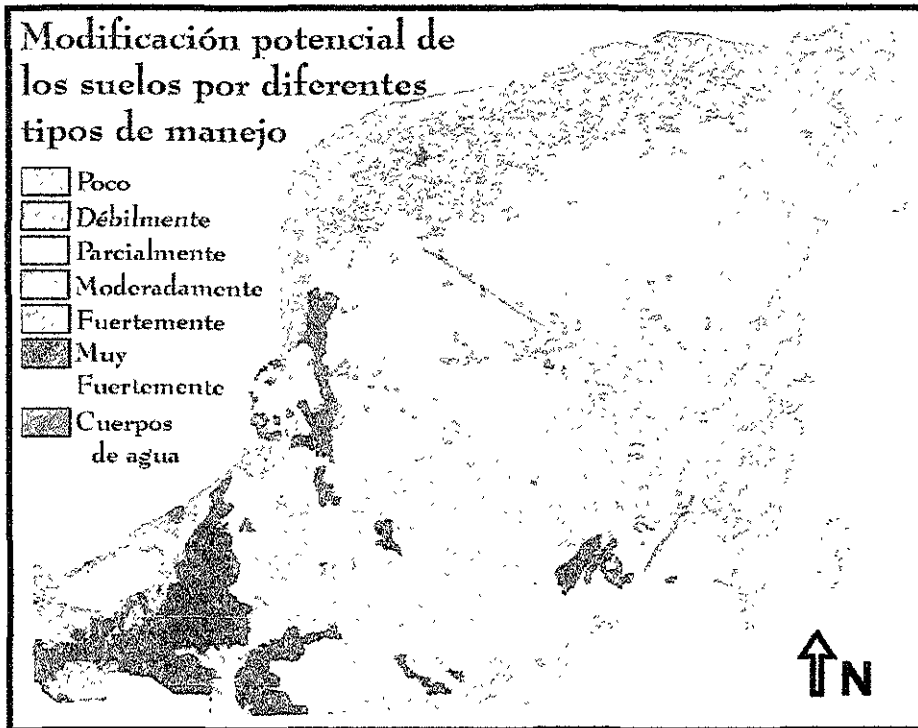


Figura 7. Mapa de modificación potencial de los suelos por los diferentes tipos de manejo de la península de Yucatán.

Estos resultados permiten inferir que existe un predominio de formas de laboreo realizadas de manera manual o mediante el uso de tracción animal y no mediante una mecanización intensiva, sin dejar de considerar la baja erodabilidad de la mayoría de los suelos, así como la existencia de un relieve mayormente llano en este territorio.

Como resultado del estudio realizado el mapa de modificación de los geosistemas elaborado para la península de Yucatán (figura 8) contiene ocho grados de modificación que se definen de la siguiente forma:

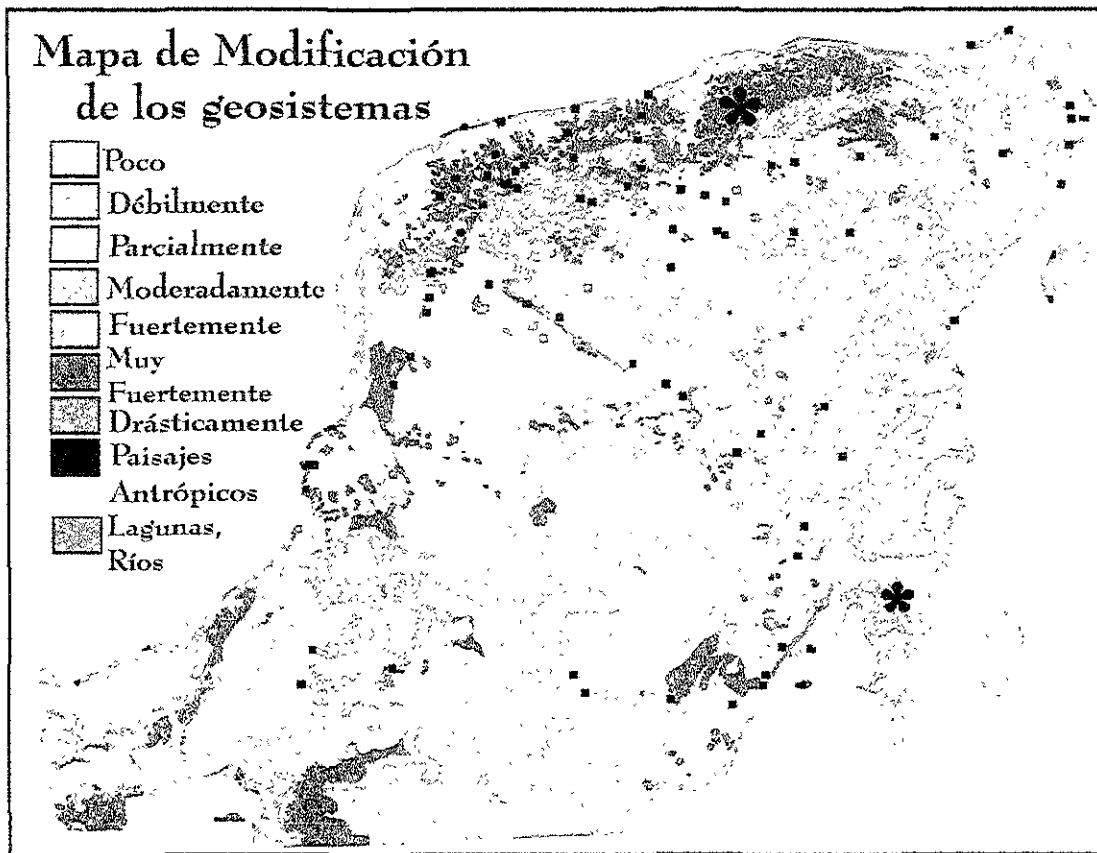


Figura 8. Mapa de Modificaciones de los geosistemas de la península de Yucatán.

1. **Zonas poco modificadas.** Paisajes prácticamente sin alteración en sus propiedades, componentes, elementos y atributos en estado natural o muy cercanos al natural, y cuyas posibles modificaciones han sido originadas por eventos naturales o procesos debidos a la dinámica evolutiva de los mismos.
2. **Zonas débilmente modificadas.** Paisajes que han sufrido ligeras modificaciones de carácter humano en la composición de los componentes bióticos, pero que no llegan a afectar de forma significativa los procesos de

dinámica, funcionamiento, autodesarrollo y autorregulación de los mismos y por ende su propia estabilidad.

3. **Zonas parcialmente modificadas.** Paisajes que han sufrido determinadas alteraciones en la composición y estructura de los componentes bióticos, originando procesos de secundarización de los mismos, pero sin que haya cambios en sus propiedades más estables, por lo que es posible aún su recuperación por vías naturales.
4. **Zonas medianamente modificadas.** Paisajes que aunque aún mantienen restos de los componentes bióticos secundarios, presentan alteraciones de composición, estructura y de la dinámica funcional, originadas por un proceso gradual y constante de asimilación y transformación humana.
5. **Zonas fuertemente modificadas.** Paisajes donde existe predominio espacial de los agrosistemas poco mecanizados, sobre el resto de las formaciones secundarias, y donde las prácticas humanas comienzan a afectar de forma directa algunos de los componentes abióticos, tales como el microclima y la cobertura edáfica. El restablecimiento de sus propiedades geoecológicas pueden lograrse a través de tratamientos socio-culturales.
6. **Zonas muy fuertemente modificadas.** Paisajes que han sufrido una total sustitución de los componentes bióticos, de forma que los ecosistemas naturales y secundarios han sido sustituidos por agrosistemas altamente mecanizados u otros tipos de sistemas creados por el hombre y donde estos tipos de actividades comienzan a transformar no sólo la estructura vertical de los paisajes (microrelieve, microclima, aguas superficiales y subterráneas,

entre otros.), sino también su estructura horizontal, es decir su interrelación con los paisajes vecinos.

7. **Zonas drásticamente modificadas.** Paisajes que han sufrido severas alteraciones en sus propiedades geoecológicas, muchas de ellas de carácter irreversibles, siendo afectados algunos de los componentes más estables como es el macrorelieve.
8. **Paisajes antrópicos.** Paisajes que aunque creados sobre elementos naturales, han sido modificados por el hombre como marco y sustento de sus propias necesidades y esfera socioeconómica y cuya dinámica funcional ocurre de manera totalmente artificial.

Como se aprecia a la luz de los resultados anteriores, la península de Yucatán, independientemente de la diversidad natural que posee sus paisajes, presenta una considerable fragmentación originada mayormente por actividades antropogénicas tales como la agricultura de temporal, la agricultura de riego, los pastizales cultivados y la agricultura nómada generalmente relacionadas con remanentes de vegetación secundaria producto de prácticas forestales, tanto de índole industrial como doméstica.

Tampoco se descarta la incidencia de otras actividades tales como el turismo convencional, el cual desafortunadamente ha originado una fuerte modificación sobre los paisajes costeros así como la urbanización de algunas áreas.

Otras actividades que también han ocasionado un impacto considerable han sido la actividad minera por la extracción de sal y de piedra caliza, la producción de petróleo y elaboración de derivados, plantas generadoras de energía eléctrica, aserraderos e industrias manufactureras.

En este sentido si se mencionan este tipo de actividades antropogénicas y el impacto que ocasionan sobre el medio natural es por la sencilla razón de que existen en la península de Yucatán y por lo tanto no se deben descartar, aunque obviamente pueden ser comunes o no a otras partes de la República Mexicana.

En lo que respecta a los niveles de fragmentación dados por los grados de modificación la situación es la siguiente: existen un total de 461 fragmentos de zonas poco modificadas que en conjunto poseen una superficie de 7,131 km²; 478 fragmentos de zonas débilmente modificadas que abarcan 24,334 km²; 520 fragmentos de zonas parcialmente modificadas con 48,538 km²; 570 fragmentos de zonas medianamente modificadas con 35,234 km²; 439 fragmentos de zonas fuertemente modificadas con 9,171 km²; 330 fragmentos de muy fuertemente modificadas con 9,978 km²; 116 fragmentos de áreas drásticamente modificadas con 352 km²; 81 fragmentos que conforman paisajes antrópicos con una superficie de 1,272 km².

En sentido general las zonas consideradas entre poco y débilmente modificadas abarcan una superficie de 31,465 km² y pertenecen principalmente a las áreas protegidas existentes en la península; las zonas consideradas entre parcial a medianamente modificadas abarcan 83,772 km² y corresponden a áreas de vegetación secundaria afectadas por la agricultura nómada, uso forestal de tipo doméstico y formas de pastoreo extensivo. Las zonas que aparecen entre fuerte y muy fuertemente modificadas poseen una superficie en conjunto de 19,149 km² y

se deben fundamentalmente a un incremento de la frontera agrícola y pecuaria llevada a cabo de forma mayormente mecanizada u otros tipos de manejo de la tierra. Las áreas consideradas entre drásticamente modificadas y los paisajes antropogénicos abarcan conjuntamente una superficie de 1,624 km² producto de un fuerte impacto antrópico sobre el medio natural conformado por la urbanización, la industrialización y la actividad turística.

Estos resultados analizados desde el punto de vista de los diferentes tipos de vegetación (natural, secundaria y cultural) que existen en la península y con respecto a la superficie total de la misma arrojan los siguientes datos (tabla 1).

Tabla1. Porcentajes de tipos de vegetación presentes con respecto a la superficie total de la península de Yucatán.

	Tipo de Vegetación	Porcentaje
Vegetación primaria	Selva mediana subperennifolia	24.512
	Selva baja subperennifolia	8.446
	Selva alta subperennifolia	5.734
	Tular	2.945
	Manglar	2.914
	Selva baja caducifolia	1.611
	Selva mediana subcaducifolia	0.581
	Vegetación de dunas costeras	0.109
	Pastizal halófilo	0.064
Vegetación secundaria	Selva mediana subperennifolia	6.799
	Selva mediana subcaducifolia	5.098
	Selva baja caducifolia	2.556
	Sabana	1.309
	Selva alta subperennifolia	0.567
	Manglar	0.026
Vegetación secundaria con agricultura nómada	Selva mediana subcaducifolia	13.833
	Selva mediana subperennifolia	6.882
	Selva baja caducifolia	5.104
Vegetación cultural	Pastizal cultivado	4.970
	Agricultura de temporal	4.230
	Agricultura de riego	0.164

Discusión

La península de Yucatán a sufrido fuertes transformaciones desde tiempos ancestrales con el impacto que causó la cultura Maya, que tuvo un alto índice demográfico en la zona, como se puede apreciar en los estudios hechos por Flannery (1882), Siemens (1982) y Gómez-Pompa *et al.* (1987) entre otros. Estos impactos han ocasionado diferentes transformaciones, que se aprecian aún en la actualidad especialmente en las zonas cercanas a los restos arqueológicos Pulleston (1982), mismos que ahora propician transformaciones drásticas por el turismo y que se reflejan en el mapa de modificaciones elaborado en esta investigación.

Un aspecto importante de resaltar es que al comparar el mapa obtenido acerca de las modificaciones de los geocomplejos de la península de Yucatán, como resultado de la presente investigación con el mapa de modificación de los paisajes naturales elaborado por Martínez-Mulia *et al.*, (1991,) en lo referente a la porción que corresponde a la península de Yucatán, es que ambos presentan gran similitud en cuanto al ámbito de modificación de los geocomplejos que existen en este territorio, tomando obviamente en consideración, las diferencias de escalas cartográficas en que se presentan ambos mapas.

Analizado bajo un enfoque diferente dirigido a la problemática socioeconómica y a la dinámica regional de Yucatán 1980-2000, según García de Fuentes y Morales (2000), se plantea que los nuevos ejes de la dinámica regional, la porcicultura, la industria maquiladora y la renovación de la infraestructura de transporte y comunicaciones ocurridos en Yucatán han modificado los procesos territoriales de la entidad. De esta forma si se analizan los mapas de producción

industrial, así como el de producción agropecuaria (García de Fuentes y Morales, 2000), ratifican, al menos para el estado de Yucatán, la elevada asimilación económica que han sufrido los geocomplejos naturales de este territorio, lo cual concuerda con los resultados presentados en nuestro trabajo.

Por otra parte, al incursionar en el contexto de la conservación de la biodiversidad de la península de Yucatán, y realizar un análisis más detallado de las Regiones Prioritarias terrestres para la Conservación, según CONABIO/PRONATURA/WWF/FMCN/USAID/TNC/INE (1999), la situación es la siguiente: el área Dzilám-Ría Lagartos-Yum Balam presenta una parte de su superficie considerada como débilmente modificada, también existen zonas de paisajes antrópicos y de áreas drásticamente modificadas con algunos parches poco modificados y otros de parcialmente a medianamente modificados lo cual evidencia una falta total de un esquema de desarrollo congruente con medidas encaminadas a la preservación de los propios recursos naturales de los cuales hacen uso. La construcción de instalaciones hoteleras y de otros tipos sobre las propias dunas costeras solamente refuerzan los efectos abrasivos de la acción marina destruyendo la calidad de las playas de esos geocomplejos litorales.

La zona de Punto Put presenta su mayor superficie considerada como parcialmente modificadas dentro de la cual se incluyen algunas zonas medianamente modificadas.

En la región denominada como centro-sur de Cozumel predominan las zonas catalogadas como medianamente modificadas, aunque que debe señalarse que una parte de la costa septentrional de este territorio insular aparece como débilmente modificado.

La Isla Contoy presenta su mayor superficie como débilmente modificada de acuerdo a lo que se permite apreciar según la escala utilizada.

La región denominada como Zonas Forestales de Quintana Roo presenta un amplio gradiente de modificación de sus geocomplejos, donde si bien hay un predominio de zonas débilmente a parcialmente modificadas, también existen otras consideradas de fuertemente a muy fuertemente modificadas.

Haciendo un resumen de lo anterior se observa que la península de Yucatán presenta un predominio de geocomplejos que transitan de los pocos modificados a los medianamente modificados abarcando una superficie de 115,237 km², mientras que en conjunto los paisajes drásticamente modificados y los paisajes antrópicos alcanzan una superficie de 20,773 km².

De los tres estados de la península, se evidencia que en Quintana Roo es donde mejor se encuentran conservados los geocomplejos naturales, aspecto en que ha jugado un papel importante la reserva de la biosfera de Sian Ka'an, donde las áreas consideradas de poco y débilmente ocupan una superficie importante. Dentro del contexto de asimilación económica del territorio se considera a la ciudad de Chetumal con asimilación alta.

En el estado de Campeche se observa que existe un predominio de zonas de medianamente a parcialmente modificadas originadas por la intensidad de diferentes actividades antropogénicas. La reserva de Calakmul ofrece un contexto paisajístico caracterizado por zonas poco y débilmente modificadas, tal vez por las diferentes actividades de las culturas prehispánicas radicadas en dicha área, sin embargo es importante señalar la fuerte presión que está sufriendo zona de reserva

rodeada de paisajes muy fragmentados que transitan desde parcialmente a muy fuertemente modificados.

Inciden en la transformación de los paisajes de este estado la explotación minera y petrolífera, la actividad agropecuaria, la industria manufacturera y en cierta medida la actividad turística.

Desde el punto de vista de asimilación económica Campeche y Ciudad del Carmen presentan un alto grado.

Por último, en el estado de Yucatán se observa una modificación de los paisajes más intensa originada por una mayor impacto antrópico dado por la urbanización, la actividad minera e industrial, la ganadería bovina, la avicultura y porcicultura, la actividad turística e infraestructuras electro-energéticas, entre otras, considerándose a la ciudad de Mérida con una asimilación económica en extremo alta.

Conclusiones

De los tres estados de la península, se evidencia que en Quintana Roo es donde mejor se encuentran conservados los geocomplejos naturales. En segundo lugar se puede considerar en relación a este aspecto al estado de Campeche, siendo en el de Yucatán donde existe mayor transformación de sus paisajes.

Tomando en consideración la gran importancia que posee este territorio, desde el punto de vista natural, biogeográfico, arqueológico e histórico, todos los

esfuerzos para su conservación resultan necesarios e importantes.

Debe tomarse especial atención a las áreas protegidas de Sian Ka'an y Calakmul, donde se observa una paulatina y creciente presión antropogénica de sus límites, poniendo en riesgo la importante biodiversidad que las mismas preservan.

Desde este punto de vista, el estudio de las modificaciones de los geocomplejos deben considerarse como objetivos básicos dentro de los esfuerzos dirigidos a la preservación de la biodiversidad y a la utilización racional y protección de la naturaleza. Su evaluación debe de considerarse como un instrumento fundamental en los estudios biogeográficos, así como en el análisis de la composición, estructura y funcionamiento de la biodiversidad. De esto depende que se pueda seguir profundizando en el conocimiento de las relaciones florísticas entre la península de Yucatán y el resto de la región Caribe.

Por último, debe de considerarse que la evaluación de las modificaciones de los geosistemas reconoce que la diversidad biológica actual de un territorio es parte fundamental y al mismo tiempo componente principal y objetivo de la diversidad del paisaje originada tanto por la tendencia evolutiva de los mismos, como por la actividad transformadora del hombre.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo del CONACyT (proyecto 4173-PB) para la realización de parte de las actividades de investigación de este proyecto, así como a la fundación Idea Wild por la donación de parte del equipo usado en su desarrollo.

Literatura citada

- ALAIN, HNO. 1958. La Flora de Cuba: sus principales características, su origen probable. *Rev. Soc.. Cubana Bot.* 15, 36-59.
- BEGON, M., J.L. HARPER Y C.R. TOWNSEND. 1996 *Ecology. Individuals, populations and communities. Third Edition. Black Well Science Ltd.* 1068 pp.
- BORHIDI, A. 1973. Kuba geobotanikájának alapjai. Ph.D. tesis, Janus Pannonius University PÉCS, Budapest, Hungary. 229 pp.
- BORHIDI, A. 1985. Phytogeographical survey of Cuba. I. Characteristics and origin of the flora of Cuba. *Act. Bot. Hungary* 31:3-34.
- BORHIDI, A. 1991. Phytogeography and vegetation ecology of Cuba. Akademia Kiado, Budapest, Hungary. 56 pp.
- CHIAPPY, C. 1996. Modificaciones Ecológico-Paisajísticas; perspectivas en el planeamiento territorial y la preservación de la Biodiversidad. Tesis para la obtención del grado de Maestro en Ciencias. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de México. 132 pp.

CHIAPPY, C., L. DE ARMAS, J. MILERA, R. VANDAMA Y A. PRIEGO. 1989. Modificación ecológico-paisajística de Cayo Sabinal. *Estudio de los grupos insulares y zonas litorales del Archipiélago Cubano con fines turísticos, Cayo Sabinal - Playa Sta. Lucía* (Academia de Ciencias de Cuba, Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, eds.), 1:28-33: pp. ICGC. La Habana, Cuba.

CHIAPPY, C., R. VANDAMA Y C. SÁNCHEZ. 1990. Modificación ecológico-paisajística de los cayos Mégano Grande, Cruz, Romano y Guajaba. *Estudio de los grupos insulares y zonas litorales del Archipiélago Cubano con fines turísticos, Cayos Mégano Grande, Cruz, Romano Guajaba* (Academia de Ciencias de Cuba, Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, eds.), 2:45-49. ICGC, La Habana, Cuba.

CHIAPPY, C., L. GAMA, A. M. LE MOING y E. MARTÍNEZ. 1997. Consideraciones sobre las modificaciones ecológico-paisajísticas de la Huasteca Alta Veracruzana. *La Ciencia y El Hombre*. Ed. de la Universidad Veracruzana. No. 32:33-56

CHIAPPY, C., L. GAMA, L. GIDDINGS, V. RICO-GRAY y A. VELÁZQUEZ. 2000. Caracterización de los paisajes terrestres actuales de la Península de Yucatán. *Bol. Inves. Geogr. del Instituto de Geografía*.42: 28-39.

CHIAPPY, C., V. RICO-GRAY, L. GAMA y L. GIDDINGS. 2001. Floristic affinities between the Yucatan peninsula and some karstic areas of Cuba. *Journal of Biogeography*, Vol 28 (en prensa).

CONABIO/ PRONATURA/ WWF/ FMCN/ USAID/ TNC/ INE. 1999. Regiones prioritarias terrestres para la conservación. WWW.CONABIO.gob.mx/rpcm/rpcmdatos.hts?Region=149&zonas_forestales_de_quintana23/09/99

ESPEJEL, I. 1987. A phytogeographical analysis of coastal vegetation in the Yucatán Peninsula. *J. Biogeogr.* 14: 499-519.

ESTRADA-LOERA, E. 1991. Phytogeographic relationships of the Yucatan Peninsula. *J. Biogeogr.* 18: 677-679.

FLANNERY, K. 1982. Maya subsistence. *In*: K. Flannery (ed.) *Studies in Memory of Dennis E. Puleston*. Academic Press. New York.

FORMAN, R. T. T. 1995. *Land Mosaics. The ecology of landscapes and regions*. Cambridge. University Press. 631 pp.

FORMAN, R. T. T. y M. Godron. 1986. *Landscape Ecology*. New York: John Wiley and Sons.

GARCÍA DE FUENTES, A. y J. Morales. 2000. Dinámica Regional de Yucatán 1980-2000. *Boletín*, núm. 42, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp.157-173.

GODRON, M y R.T.T. Forman. 1983. Landscape modification and changing ecological characteristics *In*: *Disturbance and ecosystems* (M.A. Mooney & M. Godron eds.). *Ecological Studies* 44. Springer-Verlag. New York. Pp 12-28.

GÓMEZ-POMPA, A., S. Flores y V. Sosa. 1987. El "Pet Kot" a man-made tropical forest of the Maya. *Interciencia* 12(1):10-15.

MACGARIGAL K. M. y MARKS J. B. 1994. Fragstats, Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure. Forest Science Department, Oregon State University. USA. 62 pp.

MARTÍNEZ-MULIA, M.C., J. Castillo y O. Oropeza. 1991. "Hoja Influencia Humana sobre el medio ambiente". Vol II (V.1.2), Atlas Nacional de México, Instituto de Geografía. UNAM. México.

MIRANDA, F. 1959. La vegetación de la Península de Yucatán. *In: Los recursos naturales del Sureste y su aprovechamiento, Estudios particulares, Ed. I.M.R.N.A.R., México, (II) 215-271.*

PULESTON, O.E. 1982. The role of Ramon in Maya subsistence. *In: K. Flannery (ed.) Maya Subsistence: Studies in memory of Dennis E. Puleston. Academic Press. N Y pp. 349-366*

RZEDOWSKI, J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México. 431 pp.

SAMEK, V. 1973. Regiones fitogeográficas de Cuba. *Acad. Cien. Cuba, Ser. Forest. 15: 1-63.*

SIMMENS, A.H. 1982. Prehistoric agriculture use of the wetlands of northern Beliza. *In: K. Flannery (ed.), Maya subsistence. N.Y. Academic Press.*

SISTEMA DE NORMAS PARA LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE. 1987.

Paisaje: términos y definiciones. Comité Estatal de Normalización. La Habana. Cuba. 15 pp.

SOUSA, W.P. 1984. The role of disturbance in natural communities. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 15:353-391.

SPP. 1982. Cartas "Hidrología Superficial", "Fisiográfico", "Potencial agrícola", "Edafológica" y "Vegetación y Uso del Suelo", Hoja Mérida. Dirección General de Geografía del Territorio Nacional, Secretaría de Programación y Presupuesto, esc. 1: 1 000 000. México.

STANDLEY, P. C. 1930. Flora of Yucatán. *Publ. Field Mus. Nat. Hist., Bot. Ser.* 3: 157-492.

Capítulo V

Discusión general

Caracterización paisajística de la península de Yucatán

Abordar el levantamiento cartográfico y caracterización de los paisajes de la península de Yucatán (Chiappy *et al.*, 2000) proporcionó la información necesaria, desde un punto vista cognoscitivo, acerca de las interrelaciones de los componentes naturales, sus características tanto bióticas como abióticas, así como de las peculiaridades de cada uno de los geocomplejos. Esto permitió obtener una mayor objetividad en la selección, de qué áreas del archipiélago cubano eran más adecuadas para realizar un estudio sobre las afinidades florísticas entre ambos territorios, y que al mismo tiempo abarcaran desde la parte occidental, grupos insulares, áreas cársicas interiores, hasta la región oriental de Cuba.

Este aspecto fue de gran importancia ya que el archipiélago cubano constituye un gran mosaico, tanto desde el punto de vista geológico como edafológico, sobre todo en áreas donde existe una gran ecotonía entre especies propias de rocas serpentinas y especies de zonas cársicas, las primeras adaptadas a una sequía fisiológica provocada por la sobrecarga de magnesio en los suelos esqueléticos de serpentina, gran acumulación de aluminio y el efecto venenoso de metales pesados. Por su parte las especies adaptadas a zonas cársicas, condicionadas por las características edáficas del carso y por las condiciones hidroclimáticas que prevalecen en este tipo de área (Borhidi, 1991).

No obstante existen especies que comparten ambos tipos de hábitats y por lo tanto pudieran ser un factor de distorsión en un análisis de similitud enfocado exclusivamente a especies pertenecientes a zonas cársicas. Es por ello que fue tan importante poder escoger con gran exactitud geocomplejos de Cuba que no presentaran esta problemática para poderlos comparar con la gran extensión de carso que constituye la península de Yucatán.

Se pudo constatar además, que la península de Yucatán no representa un complejo territorial cársico homogéneo, sino que por sus atributos posee, por una parte, una gran unicidad paisajística con respecto al resto del territorio de México, y que por otra posee una marcada diversidad en sus geocomplejos naturales. Al mismo tiempo, producto de la información recopilada, se obtuvo la georeferenciación adecuada para realizar el análisis de las modificaciones de los complejos territoriales naturales, la fragilidad y la situación de amenaza de los paisajes naturales y de los geosistemas en sentido general que existen en dicho territorio.

El estado de Campeche se caracteriza, a nivel de clases de paisajes por la presencia de alturas bajas, lomeríos y una amplia variedad de planicies (7 subclases diferentes), así como diferentes unidades de orden jerárquico inferior como son los grupos y tipos de paisajes, y los que en su totalidad abarcan 52,659.44 km² y que lo sitúan como el de mayor diversidad geosistémica. El estado de Yucatán presenta como geocomplejos a nivel de clase a lomeríos y planicies, los que conjuntamente poseen una extensión de 36,176.08 km². Por su parte, en el estado de Quintana Roo, se presentan tres clases diferentes de paisajes como son los lomeríos, las planicies y la porción insular de Cozumel que en su totalidad poseen una superficie de 40,674.8 km².

Afinidades florísticas entre la península de Yucatán y el archipiélago Cubano

Desde un punto de vista fitogeográfico, la presencia en la península de Yucatán de géneros que hasta el momento eran considerados restringidos a la región antillana y algunos a la región del Caribe (Howard, 1973; Borhidi, 1991), como por ejemplo, *Cameraria*, *Oxandra*, *Vallesia*, *Borrighia*, *Zuelania*, *Ateleia*, *Ernodea* y *Thrinax*, ratificó una mayor relación fitogeográfica entre este territorio y la región antillana y caribeña, de lo que hasta el momento se había registrado.

De las formas de vida encontradas entre las especies comunes a Cuba y la península de Yucatán de las que se reportan 880 taxa (apéndice 1), se pudo apreciar que las especies herbáceas son las predominantes, las cuales se correlacionan mayormente con los taxa de amplia distribución como gramíneas, cyperáceas y algunas especies de leguminosas y euphorbiacéas, tal como se reflejó en los análisis estadísticos realizados (Chiappy *et al.*, 2001 en prensa).

En contraposición a lo que sucede en las zonas costeras y cársicas de Cuba, el número de especies arbóreas fue mayor que las arbustivas, siendo las primeras, en una gran mayoría, pertenecientes a familias de origen amazónico. Esto concuerda con lo planteado por Gentry (1982) acerca de la composición y estructura de los bosques de las zonas bajas de Centroamérica y el Caribe continental. Al mismo tiempo, coincide fundamentalmente con taxa de amplia distribución en el Caribe o con distribución neotropical. Sin embargo, se debe mencionar que la mayoría de las especies que se consideraban con distribución restringida o endemismos cubanos, o a la región de las Antillas y Bahamas, y que ahora se reportan para Yucatán, son fundamentalmente arbustivas, las cuales son las predominantes, tanto por su distribución fitogeográfica restringida, como por su fisionomía, en las formaciones vegetales costeras y xerofíticas de estas zonas. En este sentido debe reseñarse que el mayor porcentaje de los endemismos cubanos o de aquellos taxa de distribución muy restringida a las Bahamas o alguna presentes en Las Antillas Mayores, son fundamentalmente taxa arbustivos.

De acuerdo con Gentry (1982), 33 % de los taxa comunes a las zonas estudiadas pertenecen a familias de centro amazónico. También se observó un porcentaje alto (32%) de taxa de amplia distribución provenientes de familias de origen incierto, como gramíneas y cyperáceas, lo cual puede estar asociado en parte, a la presencia de diferentes tipos de pastizales (inducidos o cultivados), o a la perturbación de otros tipos de vegetación primaria, sin obviar, por supuesto, dentro de la vegetación primaria algunas comunidades herbáceas nativas.

Resultó también interesante la presencia de especies pertenecientes a familias de origen Laurasiático en zonas de llanuras cárnicas bajas (10%). Este aspecto reafirma algunas de las evidencias paleogeográficas anteriormente mencionadas y justifica la importancia que tuvo el archipiélago de Bahamas en la posible migración de elementos de Norteamérica hacia Las Antillas Mayores, y de éstas a la península de Yucatán. Se hace notar que, la mayor parte de las especies provenientes de familias Laurasiáticas, son arbustivas, a diferencia de lo planteado por Gentry (1982).

Un hecho significativo fue la presencia de taxa andinos (Andes del norte y del sur), los cuales establecen una relación sumamente interesante entre la región andina -territorio peninsular de América del Norte (Yucatán)- territorios insulares de Las Antillas y el Caribe. Estos representan el 22% del porcentaje total de taxa, siendo la familia Rubiaceae la mejor representada con 21 géneros y 32 taxa infragenéricos.

Estos resultados ponen de manifiesto que después de la orogénesis andina, estos elementos tuvieron la posibilidad de migrar hacia América Central y México, cuyas cordilleras centroamericanas comenzaron a elevarse durante el Terciario Superior, continuando hasta el Cuaternario, posterior al cierre del Istmo de Panamá, lo que corrobora que dichos elementos juegan un papel de igual importancia en la flora de las Antillas que en la flora de América Central y México (Gentry 1982; Borhidi 1998). Los taxa de zonas secas también están representados (2%), dado el xerofitismo existente en parte de los geocomplejos estudiados, principalmente por familias como Cactaceae, Capparaceae, Erythroxylaceae y Zygophyllaceae.

Quizás uno de los aspectos más controvertidos abordados en este trabajo fue la distribución geográfica de los taxa comunes a la Península de Yucatán y a Cuba. En primer lugar se debe mencionar que 16 especies consideradas, según Flora de Cuba, como endemismos cubanos, se mencionan en las diferentes listas de especies para Yucatán, sobre todo las publicadas en los últimos años. Esta cifra en un principio era mucho mayor, lo cual se debía a problemas de sinonimias o en la identificación de los

mismos. Este grupo de taxa ocupan el 2% de especies comunes. Debe mencionarse que, al menos en la bibliografía consultada, no se encontró que los mismos fueran dados como nuevos reportes a pesar de la importancia fitogeográfica que este aspecto posee.

Otro grupo interesante de taxa son los que presentan una distribución restringida a Cuba y a la Península de Yucatán (1.4%), los cuales son especies de la parte occidental de Cuba, principalmente de la península de Guanahacabibes y el sur de Isla de la Juventud. Una distribución que posiblemente refleja el papel que jugaron las Proto-Antillas en la migración de taxa provenientes, al parecer, del "Cerrado Brasileño" (Chiappy y Gama, 1997), son aquellas cuya distribución es Cuba-Jamaica-Yucatán (0.3%). Esta migración, al parecer muy antigua, implica una dirección desde América del sur hacia Las Antillas y de éstas a la península de Yucatán y que es independiente de las grandes migraciones ocurridas una vez cerrado el Istmo de Panamá en épocas geológicas más recientes.

Otro conjunto de taxa de importancia relevante son los denominados antillanos, los cuales en algunos casos, se extienden también al sur de la península de la Florida y al archipiélago de Bahamas. Dentro de este grupo de especies, que actualmente se mencionan presentes en la península de Yucatán, aparecen algunas con distribuciones realmente interesantes, como por ejemplo: *Pleurothallis broadwayi* Ames (Cuba-Guadalupe); *Bunchosia swartziana* Griseb (Oriente de Cuba-Jamaica) y *Cornutia pyramidata* L. (Cuba-Antillas). Obviamente lo interesante de este tipo de migraciones, es que rompen con el mito que el intercambio florístico entre Cuba y la península de Yucatán se había efectuado, mayormente por la parte occidental y central de Cuba, lo cual no deja de ser cierto (Alain, 1958; Samek, 1973; Borhidi, 1991), pero no se le había dado suficiente importancia a la posibilidad de que existieran migraciones hacia la península de Yucatán a través de la parte oriental de Cuba y donde participa una de las islas de Las Antillas Menores (I. Guadalupe) y la Isla de Jamaica ubicada en la parte sur

de la porción oriental del archipiélago cubano, lo cual significa un aspecto de gran interés para futuras investigaciones.

Un grupo significativo dentro de estas relaciones fitogeográficas son los taxa caribeños, los cuales implican el 23% del porcentaje total. El resto de las especies presentan una distribución neotropical, la cual es la mayoritaria, seguidas por las de distribución pantropical y por último, las consideradas como cosmopolitas.

No obstante, si se considera el porcentaje que representan los taxa de distribución más restringida, es decir, desde aquellos considerados como endemismos cubanos y ahora reportados para la península de Yucatán, hasta los caribeños (37% de las especies contempladas), existe un considerable número de taxa comunes que poseen una distribución mucho más restringida de lo que había sido considerado anteriormente por diferentes autores (Standley, 1930; Miranda, 1958; Rzedowski, 1978). Este hecho refleja, en gran medida, junto a los propios endemismos reportados para la península (Ibarra-Manríquez *et al.*, 1995; Durán *et al.*, 1998), el carácter antillano y caribeño de su flora, así como su comportamiento "insular" dentro del contexto territorial del resto de México.

Aspecto importante, desde el punto de vista de la conservación y preservación de la biodiversidad, fue la detección entre los taxa comunes a Cuba y la península de Yucatán, de tres especies citadas en el "Catálogo de Plantas Cubanas Amenazadas o Extinguidas" (Borhidi y Muñiz, 1983): *Cordia angiocarpa* A. Rich., *Swartzia cubensis* (Britton & Wills.) Standley y *Brosimum alicastrum* Sw.

De los diferentes tipos de vegetación reportados por Flores y Espejel (1994) para la península de Yucatán, los que establecen las mayores afinidades florísticas y fisionómicas con los bosques semidecíduos y siempreverdes sobre carso, los complejos de vegetación de costa arenosa y los matorrales costeros de Cuba, son la selva mediana subcaducifolia, la selva baja caducifolia, la selva mediana subperennifolia, la

vegetación de dunas costeras y la selva alta subperennifolia, respectivamente. Como casos adicionales también mencionamos a los manglares y a los pinares sobre carso de *Pinus caribea* Morelet.

En relación a las áreas de Cuba que fueron seleccionadas para realizar el estudio sobre las afinidades florísticas, los resultados obtenidos también proporcionaron aspectos de gran interés. En el dendograma construido con base en los datos de similitud del índice de Jaccard, se apreció la diferenciación de dos grandes conjuntos. Uno que incluye a los tres estados de la península de Yucatán y las áreas de Cuba que se encuentran en la costa (Guanahacabibes, Isla de la Juventud, Cayo Caguanes, Cayo Romano, Cayo Coco, Llanura de las Tunas, Maisí y Morrillo Chico). El segundo incluye áreas del interior de Cuba (Sierra de Anafe, Alturas Mogotiformes y Sierra de Cubitas).

En el primer grupo se apreció que las zonas de Cuba que presentan la mayor afinidad entre ellas, son la Isla de la Juventud y Guanahacabibes (0.73%). Estas forman, a su vez, un agrupamiento con los estados de la península de Yucatán mostrando una gran similitud. Sin embargo, a lo que tradicionalmente se había considerado, el sur de la Isla de la Juventud presentó mayor afinidad con la península de Yucatán (0.72) que la península de Guanahacabibes (0.63). Este comportamiento se explica debido a que el sur de la Isla de la Juventud y la península de Yucatán poseen una mayor semejanza en las condiciones climáticas, especialmente en los parámetros de humedad, aspecto que hasta el momento había pasado desapercibido. De manera particular, el sur de la Isla de la Juventud presentó un mayor valor de similitud florística con los estados de Campeche y Quintana Roo, superando en este sentido a la península de Guanahacabibes. No obstante, debe señalarse que el estado de Yucatán es el que presenta, en sentido general, la mayor similitud con el archipiélago cubano.

Un segundo bloque de localidades cubanas lo constituyeron los cayos Coco, Romano, Caguanes y la llanura costera de las Tunas, las cuales presentan las mayores

similitudes con la Península de Yucatán. Las localidades ubicadas en la parte oriental de Cuba (Maisí-Morrillo Chico) conforman un grupo de gran similitud (0.50), y tienen en orden de importancia, después de las áreas mencionadas anteriormente, los mayores valores de similitud con el estado de Yucatán. Las localidades seleccionadas en zonas cársicas del interior de Cuba, y que se corresponden con áreas de altitud menor a los 600 m (Alturas Mogotiformes, la Sierra de Anafe y la Sierra de Cubitas), al igual que las que existen en la península de Yucatán, fueron las que presentaron los menores valores de similitud con Yucatán.

Modificaciones y fragmentación de los geocomplejos de la península de Yucatán

En nuestra opinión y dentro un plano metodológico, en la actualidad los estudios biogeográficos aplicados al conocimiento de la biodiversidad compartida entre dos o más territorios no deben de dejar de incluir el impacto de las actividades humanas sobre posibles alteraciones o pérdidas de especies, producto de las modificaciones que han incidido sobre los complejos territoriales naturales. Las áreas seleccionadas en Cuba se encuentran, en su mayor parte, integradas al sistema nacional de áreas protegidas bajo diferentes categorías (Vandama *et al.*, 1989), por lo que sus estados de conservación pueden catalogarse como aceptables en sentido general.

Por su parte, la península de Yucatán, independientemente de la diversidad natural que poseen sus geocomplejos, una considerable parte de los mismos presentan una significativa fragmentación de sus complejos naturales, originada mayormente por actividades antropogénicas tales como la agricultura de temporal, la agricultura de riego, los pastizales cultivados y la agricultura nómada generalmente relacionadas con remanentes de vegetación secundaria producto de prácticas forestales, tanto de índole industrial como doméstica.

Otras actividades que también han impactado los geosistemas, han sido la actividad turística, la actividad minera dirigida hacia la extracción de sal y de piedra caliza, la producción de petróleo y elaboración de derivados, plantas generadoras de energía eléctrica, aserraderos e industrias manufactureras.

Obviamente aunado a lo anterior, deben mencionarse además los procesos y eventos naturales más frecuentes que afectan al territorio de la península de Yucatán como son los huracanes, sistemas frontales "nortes", procesos abrasivos-erosivos mayormente sobre la franja costera (reforzados por construcciones sobre las dunas costeras y por la eliminación de la vegetación litoral), inundaciones e incendios forestales, a veces naturales, pero también provocados, todos ellos contemplados en la definición de las modificaciones de los geosistemas, tanto de carácter natural como antropogénico, según Chiappy *et al.*, (1989, 1990, 1996). Desafortunadamente debido a la escala cartográfica disponible y que para que fuera compatible en la elaboración de otros mapas temáticos (1: 1000 000), no se consideró oportuno mapificar tales eventos por un principio cartográfico elemental, lo cual no significa que no fueran tomados en consideración durante la investigación de campo.

En lo que respecta a la evaluación final de las modificaciones de los geosistemas, los niveles de fragmentación dados por los grados de modificación fueron los siguientes: existen un total de 461 fragmentos de zonas poco modificadas que en conjunto poseen una superficie de 7,131 km²; 478 fragmentos de zonas débilmente modificadas que abarcan 24,334 km²; 520 fragmentos de zonas parcialmente modificadas con 48,538 km²; 570 fragmentos de zonas medianamente modificadas con 35,234 km²; 439 fragmentos de zonas fuertemente modificadas con 9,171 km²; 330 fragmentos de muy fuertemente modificadas con 9,978 km²; 116 fragmentos de áreas drásticamente modificadas con 352 km²; 81 fragmentos que conforman paisajes antrópicos con una superficie de 1,272 km².

De los tres estados de la península, se evidenció que en Quintana Roo es donde mejor se encuentran conservados los geocomplejos naturales, aspecto en que ha jugado un papel importante la reserva de la biosfera de Sian Ka'an, donde las áreas consideradas de poco y débilmente ocupan una superficie importante. Dentro del contexto de asimilación económica del territorio se considera a la ciudad de Chetumal con asimilación alta.

En el estado de Campeche se observó que existe un predominio de zonas de medianamente a parcialmente modificadas originadas por la intensidad de diferentes actividades antropogénicas. La reserva de Calakmul ofrece un contexto paisajístico caracterizado por zonas poco y débilmente modificadas, tal vez por las diferentes actividades de las culturas prehispánicas radicadas en dicha área, sin embargo es importante señalar la fuerte presión que está sufriendo esta zona de reserva rodeada de paisajes muy fragmentados que transitan desde parcialmente a muy fuertemente modificados. En la transformación de los paisajes de este estado, los mayores impactos han sido originados por la explotación minera y petrolífera, la actividad agropecuaria, la industria manufacturera y en cierta medida la actividad turística. Desde el punto de vista de asimilación económica Campeche y Ciudad del Carmen presentan un alto grado.

En el estado de Yucatán se observó una modificación de los paisajes más intensa originada por una mayor impacto antrópico, dado por la urbanización, la actividad minera e industrial, la actividad turística e infraestructuras electro-energéticas, entre otras, considerándose a la ciudad de Mérida con una asimilación económica en extremo alta.

De la evaluación realizada acerca de las modificaciones que han sufrido los complejos naturales de la península de Yucatán, la pregunta obligada sería ¿cuántas especies más de plantas vasculares podían haberse encontrado en la península de Yucatán que fueran también comunes al archipiélago cubano? Quizás inventarios florísticos más profundos en las áreas protegidas de la península pudieran arrojar una

cifra mayor de especies comunes, pero ¿están todos los geosistemas y sus posibles variantes representados dentro de estas áreas protegidas? La respuestas son complejas y se corresponden con las problemáticas que enfrentan los estudios biogeográficos en la actualidad.

Fragilidad y grado de amenaza de los geocomplejos de la península de Yucatán

Es conocido que no todos los tipos de complejos territoriales naturales tienen la misma capacidad de asimilar los impactos originados tanto por eventos naturales y sobre todo al impacto de las actividades antrópicas a los que pueden estar expuestos. Es por ello que autores como por ejemplo, Forman y Godron (1986) y Begon *et al.*, (1996), han definido los términos de resistencia y de resiliencia.

Begon *et al.*, (1996) define la resistencia como "la habilidad de una comunidad de evitar un desplazamiento de su estado presente debido a un disturbio". A su vez, estos autores definen la resiliencia como "la velocidad a la cual una comunidad regresa a su estado inicial después de que ha sido perturbada y desplazada de ese estado".

Por su parte Forman y Godron (1986) definen la resistencia como "la habilidad de un sistema cuando ha sufrido un cambio ambiental o disturbio potencial de poder soportar los cambios recibidos", mientras que la resiliencia la definen como "la habilidad de un sistema de retornar prontamente a su estado inicial después de haber sido cambiado".

Por lo que se puede interpretar de las definiciones anteriores es que en cualquier geocomplejo o sistema natural se puede romper su capacidad de resistencia ante el impacto originado por un evento determinado que puede alterar su condición anterior, no obstante si a la condición que ha sido llevado este geosistema no es irreversible

puede existir cierta elasticidad o flexibilidad para recuperar su estado original y la velocidad con que sea capaz de retornar a su estado es lo que autores como Forman y Godron (1986) y Begon *et al.*,(1996), entre otros, han definido a su manera como resiliencia.

Otro concepto que no tiene que ser necesariamente controversial con los anteriores y si presenta cierta asociación con resistencia-resiliencia es el de fragilidad. El concepto de fragilidad, de hecho ya ha sido utilizado por diferentes autores como Farnworth y Golley (1977), Paskang y Rodsievich (1983), MacCleery (1994) y De Leo y Levin (1997), entre otros.

Por su parte la Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental y Dirección de Ordenamiento General del Territorio (2000) define la fragilidad como, "la capacidad intrínseca de la unidad territorial a enfrentar agentes de cambio, basado en la fortaleza propia de los componentes y en la capacidad y velocidad de regeneración del medio". A su vez la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA, 1988), dispone del término de fragilidad dentro de la fase de diagnóstico en el Ordenamiento Ecológico del Territorio Nacional, y plantea los mapas de fragilidad de los territorios dentro de la cartografía analítica que deberán generarse en el diagnóstico del subsistema natural (INE, 2000).

En este trabajo, derivada de la metodología propuesta por Chiappy *et al.* (1989, 1990, 1996), se realizó una evaluación acerca de la fragilidad de los geosistemas de la península de Yucatán. Con este criterio, la fragilidad geosistémica fue definida como la susceptibilidad de los complejos naturales ante el impacto que pueden ocasionar tanto los procesos naturales como las diferentes acciones antropogénicas a las que pueden estar expuesto. Las consecuencias que puedan sufrir los geosistemas estarán en dependencia de la intensidad, duración y extensión de estos eventos y que puedan afectar la composición, estructura o el funcionamiento de los mismos y, por tanto, su estabilidad. También la fragilidad está en íntima relación con las características intrínsecas y extrínsecas particulares de cada tipo de geosistema.

Dentro de las características intrínsecas se tomaron en consideración, dadas las particularidades tanto bióticas como abióticas de la península de Yucatán las siguientes: riqueza florística, endemismo, complejidad estructural, exigencias ambientales, resiliencia, carácter relictivo, disyunción y biodiversidad. Como características extrínsecas se consideraron aquellas que forman parte de los procesos y complejos naturales abióticos que integran los geocomplejos, como por ejemplo: geomorfología y relieve, condiciones hidroclimáticas, disección horizontal, disección vertical, tipos de suelos (susceptibilidad a procesos erosivos y fertilidad) y condiciones actuales de los paisajes. Otros tres factores, íntimamente interrelacionados entre sí, fueron agregados como elementos externos, dado su importancia en el contexto de la fragilidad de los geocomplejos: fragmentación, insularidad y conectividad.

Para la obtención de los parámetros anteriores (tabla 1) se utilizó el Programa FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure (Mcgarigal y Marks 1994). Mediante este programa se obtuvo el número de fragmentos/tipos de vegetación, la superficie en porcentaje que ocupa cada fragmento en el área de estudio, así como nivel de insularidad que presenta cada fragmento en relación a su vecino más cercano, el cual es calculado en porcentaje mediante la siguiente fórmula:

$$\text{NNCV} = \text{NNSD} / \text{MNN} (100)$$

donde: NNCV= coeficiente de variación del vecino más cercano

NNSD= medida de la dispersión de los parches

MNN= medida del vecino más cercano

La vegetación secundaria (acahuales) fue evaluada sobre la base de su procedencia (vegetación primaria), así como el resto de los factores considerados. La vegetación antropogénica fue diferenciada en: pastizales con árboles, pastizales, cultivos anuales y perennes, los cuales fueron evaluados sobre la base de su riqueza de flora y fauna, complejidad estructural, exigencias ambientales, necesidades de

Tabla 1. Datos resultantes del proceso realizado con el programa FRAGSTAT (Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure; Mcgarigal y Marks 1994) usados en la evaluación de fragilidad de los geocomplejos.

Parámetros	CA	% LAND	LPI	PD	MPS	TE	ED	LSI	MNN	NNCV	IJI
Clases											
SASubperennifolia	4.89	2.11	1.83	3.89	0.54	6486	28.02	2.07	2.45	44.82	35.96
SAPerennifolia	0.13	0.06	0.05	1.30	0.04	534	3.31	1.09	5.82	87.12	34.34
SBCaducifolia VS/AN	4.35	1.88	1.80	1.30	1.45	5990	25.88	1.99	20.24	72.62	46.08
SAPerennifolia VS	0.31	0.14	0.05	4.32	0.03	1520	6.57	1.26	9.01	144.49	51.65
Agricultura de temporal	3.60	1.56	1.04	46.23	0.03	14144	61.11	3.33	17.87	214.46	57.78
SMSubperennifolia	20.89	9.02	7.34	31.11	0.29	34844	150.53	6.73	2.99	106.73	60.28
SBCaducifolia	1.37	0.59	0.46	2.59	0.23	4064	17.56	1.67	14.69	119.89	51.30
SBCaducifolia VS	2.18	0.94	0.21	20.31	0.05	8830	38.15	2.46	3.46	86.01	34.10
Agricultura de riego	0.14	0.06	0.01	9.50	0.01	1084	4.68	1.18	57.38	185.34	58.76
Tular	2.51	1.08	0.41	63.51	0.02	11736	50.70	2.94	8.87	184.51	56.75
Pastizal cultivado	4.24	1.83	0.76	108.87	0.02	19850	85.76	4.27	9.06	152.82	69.86
SMSubcaducifolia	0.50	0.21	0.11	9.50	0.02	1332	5.75	1.23	16.10	271.91	57.24
Sabana	1.12	0.48	0.17	5.18	0.09	3910	16.89	1.65	9.26	136.24	57.61
SBSubperennifolia	7.20	3.11	0.50	94.18	0.03	29434	127.16	5.84	4.70	177.37	59.11

Abreviaciones usadas:

SA: selva alta; SM: selva mediana; SB: selva baja; VS: vegetación secundaria; AN: agricultura nómada; CA: superficie que ocupa cada clase; % LAND: porcentaje de territorio en relación al total en el mapa; LPI: porcentaje de área en relación al parche más grande; PD: densidad de parches; TE: total del perímetro de los parches; ED: densidad del perímetro de los parches; LSI: superficie de cada clase en relación a las otras (uniendo los parches de las clases); MNN: distancia promedio al vecino más cercano; NNCV: coeficiente de variación de la distancia entre vecinos; IJI: índice de yuxtaposición y esparcimiento de los parches usado para medir conectividad.

Tabla 1. Cont....

Parámetros	CA	% LAND	LPI	PD	MPS	TE	ED	LSI	MNN	NNCV	IJI
Clases											
SMSubcaducifolia VS AN	11.79	5.09	3.42	3.02	1.68	11314	48.88	2.87	12.70	167.19	58.49
Manglar	2.48	1.07	0.40	37.15	0.03	12654	54.67	3.09	5.40	107.37	61.60
SMSubperennifolia VS	5.79	2.50	0.72	34.56	0.07	17442	75.35	3.87	8.52	213.51	53.50
Áreas sin vegetación aparente	0.52	0.22	0.04	22.90	0.01	3444	14.88	1.57	8.36	207.17	40.54
Dunas	0.09	0.04	0.01	3.89	0.01	744	3.21	1.13	97.25	126.43	40.77
SMSubcaducifolia VS	4.34	1.88	0.59	23.76	0.08	9680	41.82	2.60	6.99	191.83	45.88
SBSubperennifolia VS	0.01	0.01	0.00	0.86	0.01	112	0.48	1.03	169.07	0.00	19.02
SASubperennifolia VS	0.48	0.21	0.14	2.16	0.10	1094	4.73	1.19	115.74	118.26	45.94
SMSubperennifolia VS AN	5.73	2.48	1.32	12.53	0.20	10174	43.95	2.68	7.63	93.95	44.81
Vegetación acuática	0.02	0.01	0.01	0.86	0.01	168	0.73	1.03	59.08	0.00	30.28
Pastizal halófito	0.05	0.02	0.02	0.86	0.03	370	1.60	1.07	12.00	0.00	31.24
Manglar VS	0.02	0.01	0.01	0.86	0.01	192	0.83	1.04	11.00	0.00	37.88
SMSubperennifolia AN	0.13	0.06	0.06	0.43	0.13	374	1.62	1.07	0.00	0.00	0.00

Abreviaciones usadas:

SA: selva alta; SM: selva mediana; SB: selva baja; VS: vegetación secundaria; AN: agricultura nómada; CA: superficie que ocupa cada clase; % LAND: porcentaje de territorio en relación al total en el mapa; LPI: porcentaje de área en relación al parche más grande; PD: densidad de parches; TE: total del perímetro de los parches; ED: densidad del perímetro de los parches; LSI: superficie de cada clase en relación a las otras (uniendo los parches de las clases); MNN: distancia promedio al vecino más cercano; NNCV: coeficiente de variación de la distancia entre vecinos; IJI: índice de yuxtaposición y esparcimiento de los parches usado para medir conectividad.

insumos y cuidados, así como su resistencia ante la ocurrencia de procesos adversos. Los datos sobre la fauna se obtuvieron a partir de los criterios de Challenger (1998), Flores y Gerez (1988; 1994), e INEGI-SEMARNAP (1999).

Con base en la información obtenida, se realizó una evaluación de la fragilidad de los diferentes tipos de vegetación. Se consideró que este componente natural es el que refleja con mayor claridad (espejo del paisaje) el estado de conservación o perturbación de un geosistema. Además se tomó en cuenta la vegetación primaria, secundaria y cultural que se encuentran presentes en la península de Yucatán, así como la fauna que se encuentra asociada a cada uno de estos ecosistemas.

De acuerdo con la ponderación cuantitativa realizada para cada tipo de vegetación se definieron cuatro niveles de fragilidad: media, alta, muy alta a extremadamente alta, a partir de los cuales se elaboró el mapa de fragilidad de los paisajes de la península de Yucatán. Es posible observar que dentro del ámbito de las zonas consideradas como de alta fragilidad, hasta las de fragilidad extremadamente alta se encuentran, la selva alta perennifolia, la selva alta subperennifolia, la selva mediana subperennifolia, la selva baja subperennifolia, la selva baja caducifolia, los manglares y la vegetación de dunas costeras, las cuales en dependencia de los criterios aplicados fueron consideradas de esta forma. El resto de las formaciones vegetales se ubicaron dentro del ámbito de fragilidad media, de acuerdo a sus propias características intrínseca y extrínsecas, así como por sus condiciones actuales, como se explicó anteriormente (figura 1).

Finalmente, con el propósito de completar todas las problemáticas que enfrentan los geosistemas de la península de Yucatán, se elaboró un mapa de grado potencial de amenaza de los paisajes de este territorio. El mismo se construyó en base al cruzamiento del mapa final de modificación de los geosistemas y un mapa intermedio de vulnerabilidad de los complejos naturales.

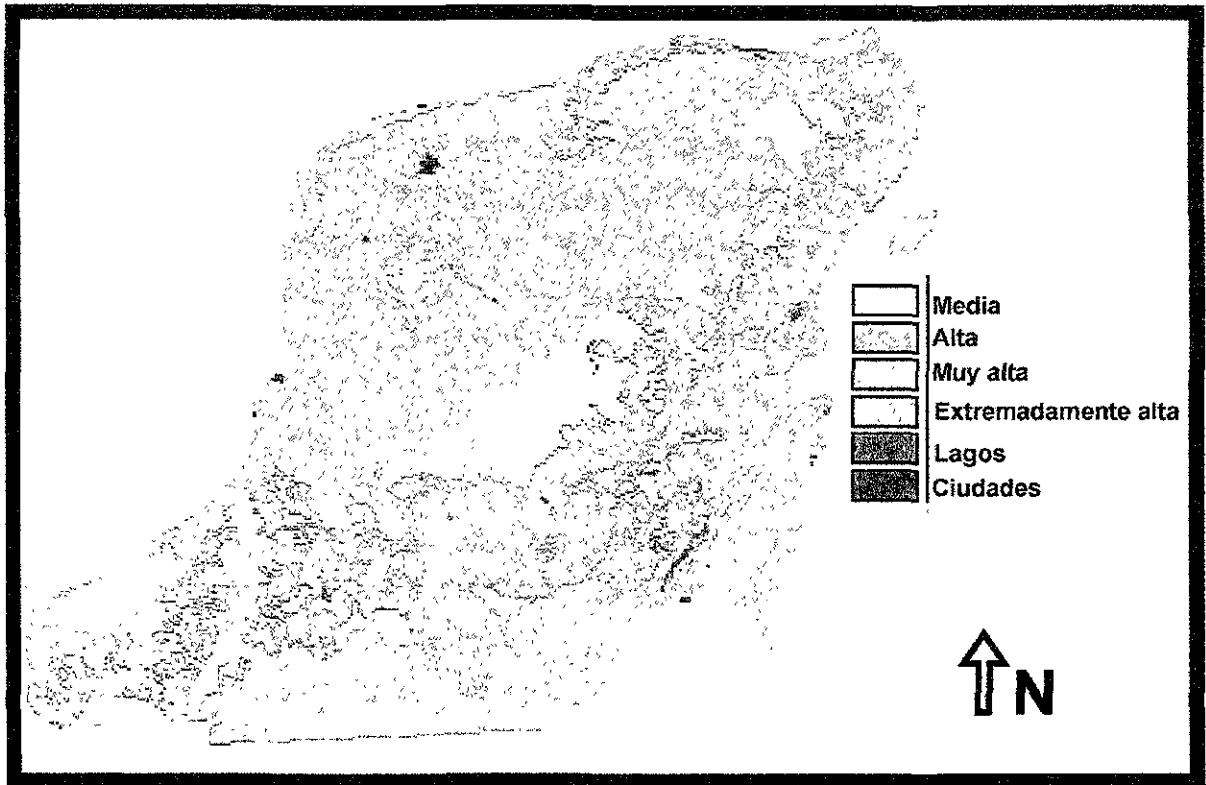


Figura 1. Mapa de fragilidad de la península de Yucatán.

El ámbito de potencial de amenaza es desde bajo hasta extremadamente alto (figura 2). Lo interesante de este mapa es que si lo comparamos con el mapa donde se ubican las regiones prioritarias para la conservación, así como las zonas de reservas ecológicas (figura 3), es posible apreciar que el entorno que circunda a estas áreas, corresponde a geocomplejos cuyos grados de amenaza potencial transcurre desde alto hasta extremadamente alto debido a la creciente expansión de diferentes tipos de actividades antropogénicas, lo cual resulta preocupante y debe otorgarsele la atención que requiere, por el bien y futuro de dichas áreas en las que se espera preservar la importante biodiversidad de la península.

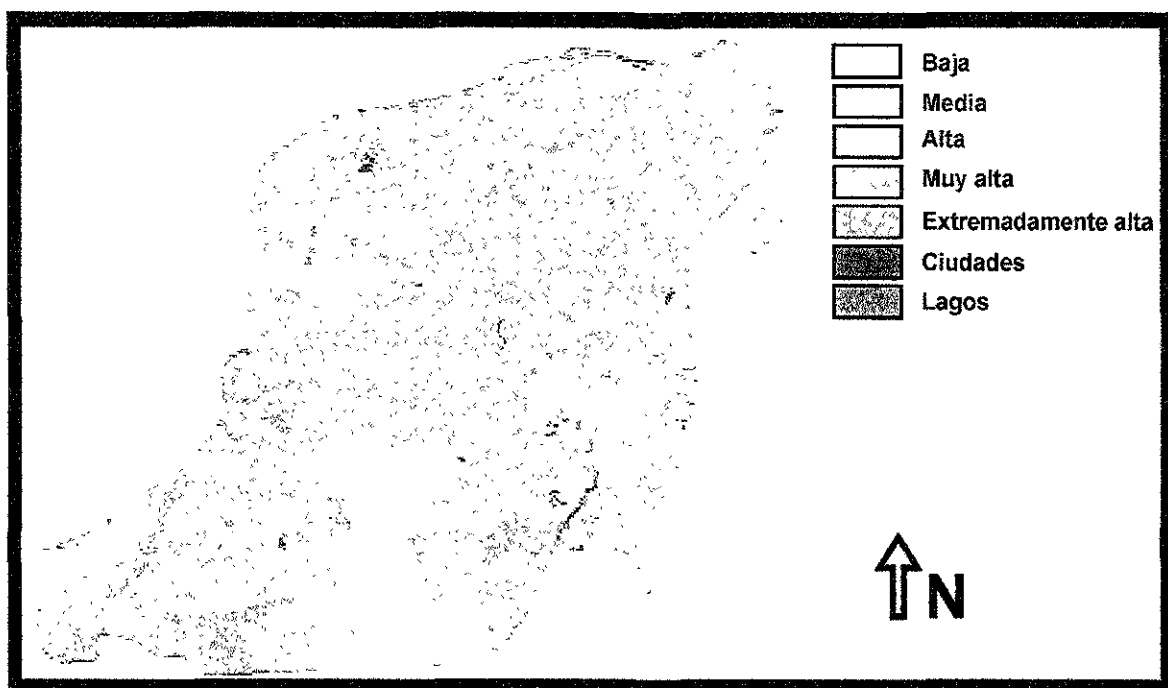


Figura 2. Mapa de potencial de amenaza de la península de Yucatán.

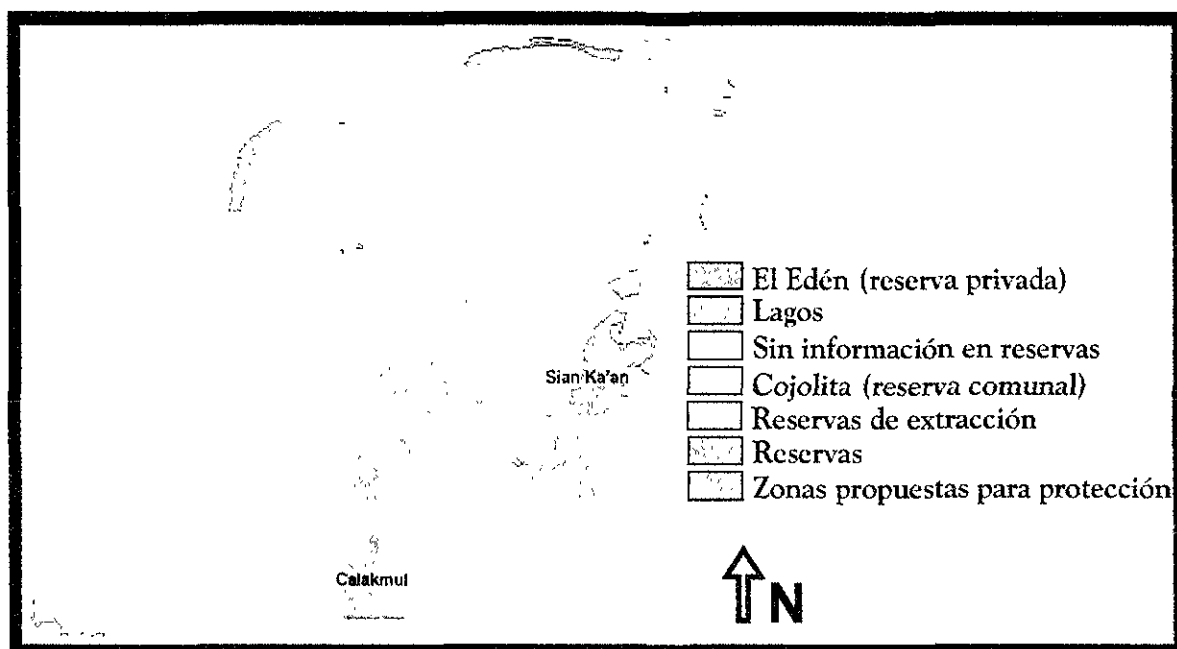


Figura 3. Zonas de reservas de la península de Yucatán.

Capítulo VI

Conclusiones

La integración de un enfoque paisajístico en estudios biogeográficos permite la obtención de la información necesaria, acerca de las interrelaciones de los componentes naturales, sus características tanto bióticas como abióticas, así como de las peculiaridades de cada uno de los geocomplejos. Al mismo tiempo proporciona una georeferenciación adecuada de los territorios objetos de estudio, así como de los sistemas territoriales naturales existentes en los mismos.

La península de Yucatán, a diferencia de criterios anteriormente planteados, no representa un complejo territorial cársico homogéneo. Por sus atributos posee, por una parte, una gran unicidad paisajística con respecto al resto de México, mientras que por otra posee una marcada diversidad en sus geocomplejos naturales.

El estado de Campeche se caracteriza, a nivel de clases de paisajes, por la presencia de alturas bajas, lomeríos y distintas planicies que conforman siete subclases diferentes, así como diferentes unidades de orden jerárquico inferior como son los grupos y tipos de paisajes, y que lo sitúan como el de mayor diversidad paisajística. El estado de Yucatán presenta, como geocomplejos a nivel de clase a lomeríos y planicies, mientras que el estado de Quintana Roo, posee tres clases diferentes de paisajes como son los lomeríos, las planicies y el territorio insular de Cozumel.

Los resultados obtenidos sugieren que las afinidades existentes entre la península de Yucatán y el archipiélago cubano son mucho más relevantes de lo que hasta ahora se había estimado. Esto concuerda con algunas de las hipótesis y modelos planteados acerca de la evolución geológica y paleogeográfica del Caribe, donde en diferentes etapas, Cuba y la península de Yucatán pudieron conectarse, tal vez imperfectamente, pero que de alguna manera posibilitó el intercambio florístico entre ambos territorios y también con el resto de las Antillas Mayores. No obstante consideramos que estos resultados son sólo el principio en la profundización del conocimiento acerca de las

relaciones florísticas entre ambos territorios.

Las formas de vida predominantes entre los taxa comunes son las hierbas, los árboles y las especies arbustivas. Las familias de origen amazónico son mayoritarias, sin embargo es de gran interés la participación de los taxa de origen andino y de origen laurasiático. Aunque la presencia de especies con distribución neotropical son predominantes, la presencia de endemismos cubanos, ahora reportados para Yucatán, así como otros de distribución restringida a las Antillas y el Caribe, cambia ostensiblemente el concepto existente en cuanto a la distribución geográfica de las especies comunes a ambos territorios.

Los distritos pertenecientes al sector penínsulas cársicas (Península de Guanahacabibes y sur de Isla de la Juventud), se encuentran fuertemente relacionados con la península de Yucatán. Sin embargo, pese a todos los pronósticos y de lo que tradicionalmente se había considerado, el sur de la Isla de la Juventud presentó una mayor similaridad florística con Yucatán que la península de Guanahacabibes.

De igual forma, el estado de Yucatán es el que presenta la mayor relación con Cuba, en este caso en especial con la Isla de la Juventud. El sector este de Cuba Central, especialmente el distrito Gibarense (Caguanes, Coco, Romano y Tunas), presentó también afinidades cercanas con la península de Yucatán. Por su parte el sector costero sureste y noreste de Oriente, integrado por tres distritos fitogeográficos (Morrillo Chico y Maisí), y que posee fuertes relaciones con el resto de las Antillas Mayores, posee también afinidades importantes con la península de Yucatán. Finalmente las localidades seleccionadas en el interior de Cuba presentaron de las menores afinidades con la península de Yucatán.

De los tres estados de la península de Yucatán, quedó evidenciado que en el estado de Quintana Roo es donde mejor se encuentran conservados los geocomplejos naturales, precedido por el estado de Campeche, siendo el estado de Yucatán donde existe la mayor transformación de sus paisajes. Sin duda, no se puede descartar que la

drástica modificación que presentan algunos de los sistemas territoriales naturales de la península, haya originado cierta pérdida de biodiversidad y, en consecuencia, esto se refleje en los resultados obtenidos en relación a las afinidades fitogeográficas entre la península de Yucatán y Cuba.

Debe tomarse especial atención a las áreas prioritarias para la conservación, como por ejemplo Sian Ka'an y Calakmul, así como otras reservas ecológicas donde se observa una paulatina y creciente presión antropogénica de sus límites y un elevado grado de amenaza de los geocomplejos, poniendo en riesgo la importante biodiversidad que las mismas preservan. Si tomamos en consideración, por una parte la elevada fragilidad de varios de los geocomplejos existentes, y por otra la importancia que posee este territorio, desde el punto de vista natural, biogeográfico, arqueológico e histórico todos los esfuerzos para su conservación resultan necesarios e importantes.

Por último, es importante señalar, que en la actualidad la flora antillana y caribeña se encuentra aún en un constante proceso de descubrimiento y conocimiento, lo cual aunado a los cambios taxonómicos que están sufriendo muchas de las especies ya descritas y a la presencia de sinonimias, conduce a la posible existencia de errores no detectados en el listado de especies que forma parte de este trabajo, el cual se sigue depurando con el fin de proporcionar, con el tiempo un mejor conocimiento de las afinidades fitogeográficas que se presentan en la región Caribe, tanto en su porción continental como insular.

Literatura citada

- Aber J.D. & J.M. Melillo. 1991. Terrestrial ecosystems. Saunders College Publishing. Chicago. 429 pp.
- Alain, Hno.1958. La Flora de Cuba: sus principales características, su origen probable. Rev. Soc. Cubana Bot., 1: 36-59.
- Ball, M. y Harrison, G. A. 1969. Origin of the Gulf and Caribbean and implications regarding ocean ridge extension, migration, and shear. Gulf Coast Assoc. Soc. Trans. 19: 287-294.
- Begon, M., J.I. Harper Y C.r. Townsend. 1996 Ecology. Individuals, populations and communities. Third Edition. Black Well Science Ltd. 1068 Pp.
- Borhidi, A. 1973. Kuba Geobotanikájának Alapjai. (Fundamentos de la geobotánica de Cuba). Thesis Acad. Doct Budapest. 229 Pp.
- Borhidi, A. 1985. Phytogeographical survey of Cuba. I. Characteristics and origin of flora of Cuba. Act. Bot. Hung. 31: 3-34.
- Borhidi, A. 1991. Phytogeography and vegetation ecology of Cuba. Akademia Kiado, Budapest, Hungría. 858 Pp.
- Borhidi, A. 1998. Fitogeografía y ecología de vegetación de Cuba. Janus Pannonius University PÉCS, Budapest, Hungary. 56 Pp.
- Borhidi, A. y O. Muñiz. 1983. Catálogo de plantas cubanas amenazadas o extinguidas. Editorial Academia, La Habana, Cuba. 85 Pp.
- Butterlin, J. 1956. La constitution géologique et la structure des Antillas. Paris, Centre Nat. Réch. Scient. 453 Pp.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México y Agrupación Sierra Madre, S. C. 847 Pp.

- Chiappy, C. 1996. Modificaciones Ecológico-Paisajísticas; perspectivas en el planeamiento territorial y la preservación de la Biodiversidad. Tesis para la obtención del grado de Maestro en Ciencias. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de México. 132 Pp.
- Chiappy, C., L. De Armas, J. Milera, R. Vandama Y A. Priego. 1989. Modificación ecológico-paisajística de Cayo Sabinal. *In: Academia de Ciencias de Cuba, Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, eds. Estudio de los grupos insulares y zonas litorales del Archipiélago Cubano con fines turísticos, Cayo Sabinal - Playa Sta. Lucía.* ICGC. La Habana, Cuba. 1:28-33.
- Chiappy, C., R. Vandama Y C. Sánchez. 1990. Modificación ecológico-paisajística de los cayos Mégano Grande, Cruz, Romano y Guajaba. *In: Academia de Ciencias de Cuba, Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, eds. Estudio de los grupos insulares y zonas litorales del Archipiélago Cubano con fines turísticos, Cayos Mégano Grande, Cruz, Romano Guajaba.* ICGC, La Habana, Cuba. 2:45-49.
- Chiappy, C. y Gama, L. 1997. Plantas endémicas de la Antigua Provincia de Camagüey, Cuba. *Brenesia* 47-48: 83-92.
- Chiappy, C., Gama, L., Giddings, L., Rico-Gray, V. y Velázquez, A. 2000. Caracterización de los paisajes terrestres actuales de la península de Yucatán. *Investigaciones geográficas. Bol. Investigaciones. Geográficas.* 42: 28-39.
- Chiappy, C., Rico-Gray, V., Gama, L. y Giddings, L. 2001. Floristic affinities between the Yucatan peninsula and some karstic areas of Cuba. *Journal of Biogeography*, Vol. **28** (en prensa).
- De Leo, G.A. y S. Levin. 1997. The multifaceted aspects of ecosystems integrity. *Conservation Ecology* [on line]. **1**(1):3.
- Dengo, G. 1969. Problems of tectonic relations between Central America and the Caribbean. *Gulf Coast Assoc. Geol. Soc. Trans.*, 19: 311-320.

- Dickinson, W. R. y Coney, P.J. 1980. Plate tectonic constrains on the origin of the Gulf of Mexico. *In*: R. H. Pilger, Jr. (ed.). The origin of the Gulf of Mexico and the early opening of the Central North Atlantic Ocean. Louisiana State Univ. Baton Rouge.
- Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental y Dirección de Ordenamiento General del Territorio. 2000. Ordenamiento Ecológico General del Territorio. Memoria Técnica 1995-2000. Instituto Nacional de Ecología/SEMARNAP. 505 pp.
- Durán, R., Trejo-Torres, J.C. e Ibarra-Manríquez, G. 1998. Endemic phytotaxa of the peninsula of Yucatan. *Harvard Papers in Botany*. **3**(2): 263-314.
- Eardley, A. J. 1954. Tectonic relation of North and South America. *Am. Assoc. Petroleum South America. Amer. Assoc. Petr. Geol. Bull.* **38**. 258-271.
- Espejel, I. 1987. A phytogeographical analysis of coastal vegetation in the Yucatán Peninsula. *J. Biogeogr.* **14**: 499-519.
- Espinosa D. y J. Llorente. 1993. Fundamentos de Biogeografías Filogenéticas. UNAM/CONABIO. México. 133 Pp.
- Estrada-Loera, E. 1991. Phytogeographic relationships of the Yucatan Peninsula. *J. Biogeogr.* **18**: 677-679.
- Farnworth, E.G. y B.F. Golley. 1977. Ecosistemas frágiles. Fondo de Cultura Económico. México. 381 Pp.
- Flores J.S. y I. Espejel. 1994. Tipos de vegetación de la península de Yucatán. *In*: J. S. Flores (ed.) Etnoflora Yucatanense, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, México. **3**:1-35.
- Flores, V. O. y Gerez, P. 1988. Conservación en México: Síntesis sobre vertebrados terrestres, vegetación y uso del suelo. INIREB.. Xalapa, Ver, México. 302 Pp.
- Flores, V. O. y Gerez, P. 1994. Biodiversidad y conservación en México. Vertebrados, vegetación y uso del suelo. CONABIO y UNAM, México.
- Forman, R. 1995. Land Mosaics. The ecology of landscapes and regions. Cambridge. University Press. 631 Pp.
- Forman, R. T. T. y M. Godron. 1986. Landscape Ecology. New York: John Wiley and Sons.

- Furrazola-Bermúdez G., C.M. Judoley, M.S. Mikkailovskaya, J.S. Miroliubov y J.B. Solsana. 1964. Geología de Cuba. Cons. Nac. de Cuba. La Habana. 239 Pp.
- Gentry, A. H. 1982. Neotropical Floristic diversity: phytogeographical connections between Central and South America, Pleistocene Climatic Fluctuation, or an accident of the Andean Orogeny? *Ann. Missouri Bot. Gard.*, **69** (3): 557-593.
- Hengeveld, R. 1991. *Dynamic biogeography*, 247 pp. Cambridge University Press, Cambridge.
- Howard, R. A. 1973. The vegetation of the Antilles. *In*: Graham, A. (ed.): *Vegetation and Vegetational History of Northern Latin America*. Elsevier, New York. **69** (3): 557-593.
- INEGI-SEMARNAP 1999. Estadísticas del Medio Ambiente. Informe de la Situación General en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, 1995-1997. Instituto Nacional de Geografía e Informática.
- Ibarra-Manríquez G., J.L. Villaseñor y R. Durán-García. 1995. Riqueza de especies y endemismo del componente arbóreo de la Península de Yucatán. México. *Bol. Soc. Bot. México* 57:49-77.
- INE. 2000. Mapas analíticos que deberán generarse en el diagnóstico del subsistema natural. www.ine.gob.mx/dgoeia/ord_ecol/natura1.htm
- Isachs, B., Oliver, J. y Sykes, L.R. 1968. Seismology and the new global tectonics. *J. Geophys. Res.* **73**(18): 5855-5899.
- Iturralde-Vinent, M.A. 1975. Problemas de aplicación de dos hipótesis tectónicas modernas a Cuba y la región Caribe. *Rev. Technol.* 13: 43-63.
- Iturralde-Vinent, M.A. 1977. Los movimientos tectónicos de la etapa de desarrollo paltafórmico en Cuba. *Inf. Cien.-Tec. Acad. Cienc. Cuba*. No. 20. 24. Pp.
- Iturralde-Vinent, M.A. 1982. Aspectos geológicos de la biogeografía de Cuba. *Cien. de la Tierra y el Espacio. Acad. Cienc. Cuba.* (5):84-100.
- Iturralde-Vinent, M.A. 1988. *Naturaleza geológica de Cuba*. Ed. Cienc.-Tec. Min. Cult. 146 Pp.

- Miranda, F. 1958. La vegetación de la Península de Yucatán. *In*: Los recursos naturales del Sureste y su aprovechamiento, II Parte, Estudios particulares. Tomo II, Ed. I.M.R.N.A.R. México. 215-271.
- Mólnar, P. y Sykes, L.R. 1969. Tectonics of the Caribbean and Middle America regions from focal mechanisms and seismicity. *Geol. Soc. Amer. Bull.* **80**(9): 1639-1648.
- Morgan, W.J. 1968. Rises, trenches, great faults and crustal blocks. *J. Geophys. Res.* Vol. **73**(6): 1959-1982.
- Morrone, J.J. & J.V. Crisci. 1995. Historical Biogeography: Introduction to Methods. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **26**: 373-40
- NOAA. 1988. Data Announcement 88-MGG-02, digital relief of the surface of the Earth. NOAA, National Geophysical Data Center, Boulder, Colorado.
- Nóvik, I. 1982. Sociedad y naturaleza. Editorial Progreso. URSS. 343 Pp.
- Odum E.P. 1976. Ecología. Tercera Edición. Quinta Reimpresión. Editorial Interamericana. 639 Pp.
- Paskang K.V. y N.N. Rodsievich. 1983. Protección y Transformación de la Naturaleza. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba
- Pindell, J. y Dewey J.F. 1982. Permo-Triassic reconstruction of western Pangea and the evolution of the Gulf of Mexico/Caribbean region. *Tectonics* **1**:179-211.
- Rosen, D.E. 1985. Geological hierarchies and biogeographic congruence in the Caribbean. *Ann. Mo. Bot. Gard.* **72**: 636- 659.
- Ruzicka, M. & Miklos, L. 1990. Basic premises and methods in landscape ecological planning and optimization. *In*: I. S. Zonneveld & R. T. T. Forman (eds.) *Changing Landscapes: An Ecological Perspective*, pp. 233-60. Springer-Verlag, New York.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México. 431 Pp.
- Samek, V. 1973. Regiones fitogeográficas de Cuba. *Acad. Cien. Cuba, Ser. Forest.* **15**: 1-63.
- Samek, V., del Risco, E. & Vandama, R. 1988. Fitoregionalización del Caribe. *Rev. Jard. Bot. Nacional (Cuba)* **9**, 25-38.

- Saunders D.A., R.J. Hobbs y C.R. Margules. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: A review. *Conservation Biology* **5**(1):18-32.
- Schuchert, C. 1935. *Historical Geology of the Antillean-Caribbean Regions*. John Wiley and Sons, New York. 811 Pp.
- Spellerberg, I. F y J. W. D. Sawyer. 1999. *An introduction to applied biogeography*. Cambridge. University Press. 243 Pp.
- Standley, P.C. 1930. Flora of Yucatán. *Publ. Field Mus. Nat. Hist., Bot. Ser.* 3: 157-492.
- Sykes, L.R., W.R. McCann y A.L. Kafka. 1982. Motion of Caribbean plate during last 7 million years and implications for earlier Cenozoic movements. *J. Geophys. Res.* **87**:10656-10676.
- Tikhomirov, I. N. 1967. Formaciones magmáticas de Cuba y algunas particularidades de su metalogenia. *Rev. Technol.* **5**(4): 13-22.
- Troll, C. 1939. Luftbildplan und Okologische Bodenforschung. *Z. Ges Erdkunde*. Berlin. 241-298.
- Troll, C. 1950. Die geographische Landschaft und ihre Erforschung. *Studium Generale*. Heidelberg 3:163-181.
- Troll, C. 1971. Landscape ecology (geo-ecology) and bio-ceonology- a terminology study. *Geoforum* 8:43-46.
- Turner, M. G., Gardner, R. H. & O'Neill, R. V. 1991. Potential responses of landscape boundaries to global environmental change. *In*: M. M. Holland, P. G. Risser & R. J. Naiman (eds.) *Ecotones: The Role of Landscape Boundaries in the Management and Restoration of Changing Environments*. Chapman and Hall, New York. 52-75.
- Vandama, R., E. del Risco y C. Chiappy. 1989. Áreas de interés conservacionista en Cuba. *In*: IG-ACC e ICGC eds. *Nuevo Atlas Nacional de Cuba*. Gráficas Alber-España. 2 Pp.
- Woodring, W. P. 1954. Caribbean land and sea through the ages. *Geol. Soc. America Bull.* **65** (8): 719-732.
- Yablokov, A.V. y Ostroumov, S.A. 1989. *Conservación de la naturaleza viva*. Impreso por VIPO Vneshtorgizdat. URSS. 237 Pp.

Anexo 1. Listado florístico usado en el estudio fitogeográfico siguiendo la clasificación de Flora de Cuba y los herbarios cubanos (HAC y HAJB)*

Nombre científico	Forma de vida
Acanthaceae	
<i>Athacantus spinosus</i> (Jacq.) Nees	arbusto
<i>Blechnum brownei</i> Juss	hierba
<i>Blechnum pyramidatum</i> (Lam.) Urban	hierba
<i>Bravaisia tubiflora</i> Hemsl. Ex Hook.	árbol
<i>Dicliptera assurgens</i> (L.) Juss	hierba
<i>Ruellia geminiflora</i> H.B.K.	hierba
<i>Ruellia nudiflora</i> (Engelm. & Gray) Urban	hierba
<i>Ruellia paniculata</i> L.	hierba
<i>Ruellia tuberosa</i> L.	hierba
Aizoaceae	
<i>Sesuvium portulacastrum</i> L.	hierba
<i>Trianthema portulacastrum</i> L.	hierba
Alismataceae	
<i>Echinodorus cordifolius</i> (L.) Griseb.	hierba
<i>Helianthium nymphaeifolium</i> (Griseb.) Small	hierba
<i>Sagittaria lancifolia</i> L.	hierba
Amaranthaceae	
<i>Achyranthes aspera</i> L.	hierba
<i>Alternanthera halimifolia</i> Pittier	hierba
<i>Alternanthera peploides</i> (H & B.) Urb.	hierba
<i>Amaranthus dubius</i> Mart.	hierba
<i>Amaranthus hybridus</i> L.	hierba
<i>Amaranthus spinosus</i> L.	hierba
<i>Celosia argentea</i> L. var. <i>crispata</i> (L.) Voss	hierba
<i>Celosia nitida</i> Vahl	hierba
<i>Celosia virgata</i> Jacq.	hierba
<i>Chamissoa altissima</i> (Jacq.) H B. & K.	hierba
<i>Gomphrena dispersa</i> Standl.	hierba
<i>Iresine celosia</i> L.	hierba
<i>Philoxerus vermicularis</i> (L.) R. Br.	hierba

Tabla 1. Cont.....

Nombre científico	Forma de vida
Anacardiaceae	
<i>Anacardium occidentale</i> L.	árbol
<i>Metopium brownei</i> (Jacq.) Urban	árbol
<i>Spondias mombin</i> L.	árbol
<i>Spondias purpurea</i> L.	arbusto
Annonaceae	
<i>Annona glabra</i> L.	árbol
<i>Oxandra lanceolata</i> (Sw.) Baillon	árbol
Apocynaceae	
<i>Cameraria latifolia</i> L.	árbol
<i>Echites umbellata</i> Jacq.	trepadora
<i>Plumeria obtusa</i> L.	árbol
<i>Plumeria tuberculata</i> Lodd.	árbol
<i>Rauvolfia ligustrina</i> Roemer & Schultes	arbusto
<i>Rauvolfia tetraphylla</i> L.	arbusto
<i>Rhabdadenia biflora</i> Muell. Arg.	trepadora
<i>Thevetia peruviana</i> (Pers.) Schum.	arbusto
<i>Vallesia antillana</i> Woodson	arbusto
Araceae	
<i>Philodendron Krebsii</i> Schott	trepadora
<i>Philodendron lacerum</i> (Jacq.) Schott	trepadora
Araliaceae	
<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planchon	árbol
Aristolochiaceae	
<i>Aristolochia pentandra</i> Jacq.	rastrera
<i>Aristolochia trilobata</i> L.	trepadora

Tabla 1. Cont.....

Nombre científico	Forma de vida
Asclepiadaceae	
<i>Asclepias curassavica</i> L.	trepadora
<i>Calotropis procera</i> (Ait.) Ait.	arbusto
<i>Sarcostemma clausum</i> (Jacq.) Schult.	trepadora
Basellaceae	
<i>Anredera vesicaria</i> (Lam.) Gaertner f.	trepadora
Bataceae	
<i>Batis maritima</i> L.	hierba
Bignoniaceae	
<i>Crescentia cujete</i> L.	árbol
<i>Cydista diversifolia</i> (H.B. & K.) Miers	trepadora
<i>Doxantha unguis-cati</i> (L.) Rehder	trepadora
<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex H.B. & K.	arbusto
Bombacaceae	
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	árbol
Boraginaceae	
<i>Cordia alliodora</i> (Ruíz & Pavón) Oken	arbusto
<i>Cordia angiocarpa</i> A. Rich.	árbol
<i>Cordia dentata</i> Poiret	arbusto
<i>Cordia gerascanthus</i> L.	árbol
<i>Cordia globosa</i> (Jacq.) H.B. & K.	arbusto
<i>Cordia sebestena</i> L.	árbol
<i>Ehretia tinifolia</i> L.	árbol
<i>Heliotropium angiospermum</i> Murray	hierba
<i>Heliotropium curassavicum</i> L.	hierba
<i>Heliotropium fruticosum</i> L.	hierba
<i>Heliotropium procumbens</i> Mill.	hierba
<i>Heliotropium ternatum</i> Vahl	hierba

Tabla 1. Cont.....

Nombre científico	Forma de vida
<i>Tournefortia glabra</i> L.	arbusto
<i>Tournefortia gnaphalodes</i> (L.) R. Br. Ex Romer & J.A. Schultes	arbusto
<i>Tournefortia hirsutissima</i> L.	trepadora
<i>Tournefortia maculata</i> Jacq.	trepadora
<i>Tournefortia volubilis</i> L.	trepadora
Bromeliaceae	
<i>Tillandsia balbisiana</i> Schultes	epífita
<i>Tillandsia bulbosa</i> Hooker	epífita
<i>Tillandsia fasciculata</i> Sw.	epífita
<i>Tillandsia festucoides</i> Brown ex Moz	epífita
<i>Tillandsia flexuosa</i> Sw.	epífita
<i>Tillandsia polystachya</i> L.	epífita
<i>Tillandsia recurvata</i> L.	epífita
<i>Tillandsia usneoides</i> L.	epífita
<i>Tillandsia utriculata</i> L.	epífita
<i>Tillandsia valenzuelana</i> A. Rich.	epífita
Burseraceae	
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	árbol
Cactaceae	
<i>Acanthocereus pentagonus</i> (L.) Britt. & Rose	arbusto
<i>Epiphyllum phyllanthus</i> (L.) Haworth	epífita
<i>Opuntia stricta</i> Haw. var. <i>dillenii</i> (Ker-Gawl.) Benson	arbusto
<i>Selenicereus grandiflorus</i> (L.) Britt. & Rose	rastrera
Cannaceae	
<i>Canna glauca</i> L.	hierba
<i>Canna indica</i> L.	hierba
Capparaceae	
<i>Capparis cynophallophora</i> L.	árbol
<i>Capparis flexuosa</i> L.	arbusto

Tabla 1. Cont.....

Nombre científico	Forma de vida
<i>Cleome gynandra</i> L.	hierba
<i>Cleome serrata</i> Jacq.	hierba
<i>Cleome spinosa</i> Jacq.	hierba
<i>Forchhammeria trifoliata</i> Radlk.	árbol
Caricaceae	
<i>Carica papaya</i> L.	arbusto
Celastraceae	
<i>Elaeodendron xylocarpum</i> DC.	árbol
<i>Maytenus phyllantoides</i> Benth.	arbusto
<i>Rhacoma crossopetalum</i> L.	arbusto
<i>Rhacoma latifolia</i> (Sw.) Urban	arbusto
Chenopodiaceae	
<i>Atriplex cristata</i> H.B. & K.	hierba
<i>Atriplex pentandra</i> (Jacq.) Standley	hierba
<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.	hierba
<i>Chenopodium berlandieri</i> Moq.	hierba
<i>Salicornia bigelowii</i> Torrey	hierba
<i>Salicornia perennis</i> Mill.	hierba
<i>Suaeda fruticosa</i> Forsk	hierba
<i>Suaeda linearis</i> Moq.	hierba
Cochlospermaceae	
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Ex Spreng.	hierba
Combretaceae	
<i>Bucida buceras</i> L.	árbol
<i>Bucida spinosa</i> (Nothrop.) Jennings.	árbol
<i>Conocarpus erecta</i> L.	árbol
<i>Laguncularia racemosa</i> Gaertn.	árbol

Tabla 1. Cont.....

Nombre científico	Forma de vida
Commelinaceae	
<i>Callisia repens</i> L.	hierba
<i>Commelina elegans</i> H.B. & K.	hierba
<i>Commelina erecta</i> L.	hierba
<i>Rhoeo discolor</i> (L'Her) Hance ex Walp.	hierba
Compositae (Asteraceae)	
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	hierba
<i>Ageratum houstonianum</i> Mill.	hierba
<i>Ageratum maritimum</i> H.B. & K.	hierba
<i>Ambrosia cumanensis</i> H.B. & K.	hierba
<i>Ambrosia hispida</i> Pursh	hierba
<i>Baccharis dioica</i> Vahl	hierba
<i>Baccharis halimifolia</i> L.	hierba
<i>Baltimora recta</i> L.	hierba
<i>Bidens bipinnata</i> L.	hierba
<i>Bidens leucantha</i> Willd.	hierba
<i>Bidens pilosa</i> L.	hierba
<i>Borrichia arborescens</i> (L.) DC.	arbusto
<i>Cirsium mexicanum</i> A. DC.	hierba
<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist	hierba
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist	hierba
<i>Cosmos caudatus</i> H.B. & K.	hierba
<i>Cosmos sulphureus</i> Cav	hierba
<i>Delileia berteri</i> Spreng.	hierba
<i>Eclipta alba</i> (L.) Hassk.	hierba
<i>Elephantopus spicatus</i> Juss. ex Aubl.	hierba
<i>Elvira biflora</i> DC.	hierba
<i>Erechites hieracifolia</i> (L.) Raf. var. <i>hieracifolia</i>	hierba
<i>Eupatorium conyzoides</i> Vahl. Symb.	hierba
<i>Eupatorium macrophyllum</i> L.	arbusto
<i>Eupatorium microstemon</i> Cass.	arbusto
<i>Eupatorium odoratum</i> L.	arbusto
<i>Flaveria linearis</i> Lag.	hierba
<i>Flaveria trinervia</i> (Sprengel) C. Mohr	hierba
<i>Gnaphalium attenuatum</i> DC.	hierba
<i>Isocarpha oppositifolia</i> (L.) R. BR.	hierba

Tabla 1. Cont.....

Nombre científico	Forma de vida
<i>Lactuca intybacea</i> Jacq.	hierba
<i>Lagascea mollis</i> Cav.	hierba
<i>Melampodium divaricatum</i> (L. Rich. ex Pers.) DC.	hierba
<i>Melanthera angustifolia</i> A. Rich.	hierba
<i>Melanthera deltoidea</i> L.C.Rich. ex Michx	hierba
<i>Melanthera hastata</i> Michx.	arbusto
<i>Mikania cordifolia</i> Willd.	trepadora
<i>Mikania micrantha</i> H.B. & K.	hierba
<i>Millia quinqueflora</i> L.	hierba
<i>Neurolaena lobata</i> (L.) R. BR.	hierba
<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	hierba
<i>Pectis elongata</i> H.B. & K.	hierba
<i>Pectis linifolia</i> L.	hierba
<i>Pectis prostrata</i> Cav.	hierba
<i>Pluchea carolinensis</i> (Jacq.) G.Don in Sweet	arbusto
<i>Pluchea purpurascens</i> (Sw.) DC.	arbusto
<i>Pluchea rosea</i> Godfrey	arbusto
<i>Porophyllum ruderale</i> (Jacq.) Cass. ssp. <i>macrocephalum</i> (DC.) Johnson	hierba
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	hierba
<i>Spilanthes beccabunga</i> DC.	hierba
<i>Synedrella nodiflora</i> (L.) Gaertn.	hierba
<i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsley) A. Gray	hierba
<i>Tridax procumbens</i> L.	hierba
<i>Trixis radialis</i> (L.) Kuntze	hierba
<i>Verbesina pinnatifida</i> Sw.	hierba
<i>Vernonia cinerea</i> (L.) Less	arbusto
<i>Viguiera dentata</i> (Cav.) Spreng.	hierba
<i>Wedelia trilobata</i> (L.) Hitchc.	rastrera
Connaraceae	
<i>Rourea glabra</i> H.B. & K	trepadora
Convolvulaceae	
<i>Cuscuta americana</i> L.	parásita
<i>Evolvulus alsinoides</i> (L.) L.	hierba
<i>Evolvulus nummularius</i> (L.) L.	hierba
<i>Evolvulus sericeus</i> Sw.	hierba

Tabla 1. Cont.....

Nombre científico	Forma de vida
<i>Ipomoea angulata</i> Lam.	hierba
<i>Ipomoea congesta</i> R. Br.	trepadora
<i>Ipomoea tiliacea</i> (Willd.) Choisy	hierba
<i>Ipomoea nil</i> (L.) Roth.	rastrera
<i>Ipomoea pes-caprae</i> (L.) Sweet	rastrera
<i>Ipomoea reptans</i> (L.) Poir.	rastrera
<i>Ipomoea sagittata</i> Lam.	trepadora
<i>Ipomoea stolonifera</i> (Cyrill.) Gmell.	rastrera
<i>Ipomoea tiliacea</i> (Willd.) Choisy	rastrera
<i>Ipomoea triloba</i> L.	rastrera
<i>Jacquemontia havanensis</i> (Jacq.) Hall. F.	arbusto
<i>Jacquemontia nodiflora</i> (Desr.) G. Don	arbusto
<i>Jacquemontia pentantha</i> (Jacq.) G. Don. f.	arbusto
<i>Jacquemontia tannifolia</i> (L.) Griseb.	arbusto
<i>Jacquemontia verticillata</i> (L.) Urban	arbusto
<i>Merremia aegyptia</i> (L.) Urban	trepadora
<i>Merremia cissoides</i> (Lam.) Hallier f.	trepadora
<i>Merremia dissecta</i> (Jacq.) Hallier f.	trepadora
<i>Merremia quinquefolia</i> (L.) Hallier f.	trepadora
<i>Merremia tuberosa</i> (L.) Rendle	trepadora
<i>Merremia umbellata</i> (L.) Hallier f.	trepadora
<i>Operculina pinnatifida</i> (H.B. & K.) O'Don.	trepadora
<i>Quamoclit coccinea</i> (L.) Moench	trepadora
<i>Quamoclit pennata</i> (Desv.) Bojer	trepadora
<i>Turbina corymbosa</i> (L.) Raf.	trepadora
Crassulaceae	
<i>Bryophyllum pinnatum</i> (Lam) Kurz	hierba
Cruciferae	
<i>Cakile aequilis</i> L`Her	hierba
<i>Cakile lanceolata</i> (Millsp.) O.E. Schulz	hierba
<i>Lepidium virginicum</i> L.	hierba
<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	hierba
Cucurbitaceae	
<i>Cayaponia racemosa</i> (Mill.) Cogn.	rastrera

Tabla 1. Cont.....

Nombre científico	Forma de vida
<i>Melothria pendula</i> L.	trepadora
<i>Momordica charantia</i> L.	trepadora
<i>Sicydium tamnifolium</i> (H.B. & K.) Cogn.	trepadora
Cyperaceae	
<i>Carex polystachyz</i> Sw.	hierba
<i>Cladium jamaicense</i> Crantz	hierba
<i>Cyperus aristatus</i> Rottb.	hierba
<i>Cyperus articulatus</i> L.	hierba
<i>Cyperus compressus</i> L.	hierba
<i>Cyperus eggersii</i> Boeck	hierba
<i>Cyperus elegans</i> L.	hierba
<i>Cyperus esculentus</i> L.	hierba
<i>Cyperus flavus</i> (Vahl) Nees	hierba
<i>Cyperus giganteus</i> Vahl C.	hierba
<i>Cyperus haspan</i> L.	hierba
<i>Cyperus hermaphroditus</i> (Jacq.)Standley	hierba
<i>Cyperus humilis</i> Kunth.	hierba
<i>Cyperus ligularis</i> L.	hierba
<i>Cyperus luzulae</i> (L.) Retz.	hierba
<i>Cyperus ochraceus</i> Vahl	hierba
<i>Cyperus odoratus</i> L.	hierba
<i>Cyperus planifolius</i> L.C. Rich.	hierba
<i>Cyperus rotundus</i> L.	hierba
<i>Dichromena ciliata</i> Vahl	hierba
<i>Dichromena colorata</i> (L.) Hitchc.	hierba
<i>Eleocharis caribaea</i> (Rottb.) Blake	hierba
<i>Eleocharis cellulosa</i> Torr.	hierba
<i>Eleocharis fistulosa</i> (Poir) Link.	hierba
<i>Eleocharis geniculata</i> (L.) Roemer & Schultes	hierba
<i>Eleocharis mutata</i> (L.) Roemer & Schultes	hierba
<i>Fimbristylis complanata</i> (Retz.) Link	hierba
<i>Fimbristylis cymosa</i> R. Br.	hierba
<i>Fimbristylis dichotoma</i> Vahl	hierba
<i>Fimbristylis ferruginea</i> (L.) Vahl	hierba
<i>Fimbristylis spadicea</i> Vahl	hierba
<i>Fuirena simplex</i> Vahl	hierba
<i>Fuirena umbellata</i> Rottb.	hierba

Tabla 1. Cont.....

Nombre científico	Forma de vida
<i>Rhynchospora cephalotes</i> (L.) Vahl	hierba
<i>Rhynchospora corymbosa</i> (L.) Britt.	hierba
<i>Rhynchospora cyperoides</i> (Sw.) Mart.	hierba
<i>Rhynchospora micrantha</i> Vahl	hierba
<i>Rhynchospora nervosa</i> (Vahl) Boeck.	hierba
<i>Rhynchospora radicans</i> (Schlecht.) H. Pfeifer	hierba
<i>Rhynchospora microcarpa</i> Baldw. ex Gray.	hierba
<i>Scirpus paludosus</i> A. Nelson	hierba
<i>Scirpus validus</i> Vahl	hierba
<i>Scleria bracteata</i> Cav.	hierba
<i>Scleria eggersiana</i> Boeck.	hierba
<i>Scleria lithosperma</i> Sw.	hierba
<i>Scleria melaleuca</i> Reichb. ex Schlecht. & Cham.	hierba
<i>Scleria microcarpa</i> Nees	hierba
<i>Scleria pterota</i> Presl.	hierba
<i>Scleria secans</i> (L.) Urban	hierba
Dilleniaceae	
<i>Curatella americana</i> L.	arbusto
<i>Tetracera volubilis</i> L.	trepadora
Dioscoreaceae	
<i>Dioscorea bulbifera</i> L.	trepadora
<i>Dioscorea alata</i> L.	trepadora
<i>Dioscorea polygonoides</i> Humb & Bonpl. ex Willd.	trepadora
Ebenaceae	
<i>Diospyros anisandra</i> Blake	árbol
Elaeocarpaceae	
<i>Muntingia calabura</i> L.	árbol
Erythroxylaceae	
<i>Erythroxylum areolatum</i> L.	árbol

Tabla 1. Cont.....

Nombre científico	Forma de vida
<i>Erythroxylum brevipes</i> DC.	arbusto
<i>Erythroxylum confusum</i> Britt.	árbol
<i>Erythroxylum rotundifolium</i> Lunan	árbol
Euphorbiaceae	
<i>Acalypha alopecuroides</i> Jacq.	hierba
<i>Acalypha setosa</i> A. Rich.	hierba
<i>Ateramnus lucidus</i> (S.W.) Rothm.	arbusto
<i>Bernardia dichotoma</i> (Willd) M.	arbusto
<i>Caperonia palustris</i> (L.) St. Hil.	hierba
<i>Chamaesyce blodgettii</i> (Engelm.) Small	hierba
<i>Chamaesyce buxifolia</i> (Lam.) Small	hierba
<i>Chamaesyce hypericifolia</i> (L.) Millisp.	hierba
<i>Chamaesyce hyssopifolia</i> (L.) Small	hierba
<i>Chamaesyce pilulifera</i> (L.) Small	hierba
<i>Croton ciliatoglandulosus</i> Ortega	arbusto
<i>Croton flavens</i> L.	arbusto
<i>Croton glabellus</i> L.	arbusto
<i>Croton lobatus</i> L.	arbusto
<i>Croton niveus</i> Jacq.	arbusto
<i>Croton punctatus</i> Jacq.	arbusto
<i>Dalechampia scandens</i> L.	trepadora
<i>Drypetes lateriflora</i> (Sw.) Krug & Urban	árbol
<i>Euphorbia adenoptera</i> Bertol	arbusto
<i>Euphorbia graminea</i> Jacq.	hierba
<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	hierba
<i>Euphorbia hirta</i> L.	hierba
<i>Euphorbia milii</i> Ch. des Moulins	arbusto
<i>Euphorbia prostrata</i> Ait.	hierba
<i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd.	hierba
<i>Euphorbia thymifolia</i> L.	hierba
<i>Euphorbia trichotoma</i> H.B. & K	arbusto
<i>Garcia nutans</i> Vahl	árbol
<i>Hippomane mancinella</i> L.	árbol
<i>Jatropha curcas</i> L.	arbusto
<i>Manihot esculenta</i> Crantz	arbusto
<i>Pedilanthus tithymaloides</i> (L) Poit. subsp. <i>tithymaloides</i>	hierba
<i>Phyllanthus acuminatus</i> Vahl	hierba

Tabla 1. Cont.....

Nombre científico	Forma de vida
<i>Phyllanthus grandifolius</i> L.	arbusto
<i>Phyllanthus nobilis</i> Muell. Arg.	hierba
<i>Phyllanthus Sw.ii</i> Kostel	hierba
<i>Ricinus communis</i> L.	arbusto
Flacourtiaceae	
<i>Casearia aculeata</i> Jacq.	arbusto
<i>Casearia guianensis</i> (Aubl.) Urban	arbusto
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	arbusto
<i>Laetia thamnia</i> L.	árbol
<i>Prockia crucis</i> L.	árbol
<i>Samyda dodecandra</i> Jacq.	arbusto
<i>Zuelania guidonia</i> (Sw.) Britt. & Millsp.	árbol
Gentianaceae	
<i>Eustoma exaltatum</i> (L.) Salisb.	hierba
<i>Leiphaimos parasitica</i> Schlech. & Cham.	hierba
Goodeaniaceae	
<i>Scaevola plumierii</i> (L.) Vahl	arbusto
Gramineae (Poaceae)	
<i>Andropogon bicornis</i> L.	hierba
<i>Andropogon glomeratus</i> (Walt.) B.S.P.	hierba
<i>Andropogon hirtiflorus</i> (Nees) Kunth	hierba
<i>Andropogon leucostachyus</i> H.B. & K.	hierba
<i>Andropogon selloanus</i> (Hack.) Hack.	hierba
<i>Andropogon semiberbis</i> (Nees) Kunth.	hierba
<i>Anthephora hermaphrodita</i> (L.) Kuntze	hierba
<i>Aristida adscensionis</i> L.	hierba
<i>Aristida ternipes</i> Cav.	hierba
<i>Arundinella deppeana</i> Nees	hierba
<i>Axonopus compressus</i> (Sw.) Beauv.	hierba
<i>Bouteloa americana</i> (L.) Scribn.	hierba
<i>Bouteloua disticha</i> H.B. & K.	hierba

Tabla 1. Cont.....

Nombre científico	Forma de vida
<i>Cenchrus pauciflorus</i> S.W.	hierba
<i>Cenchrus tribuloides</i> L.	hierba
<i>Chloris ciliata</i> Sw.	hierba
<i>Chloris inflata</i> Link.	hierba
<i>Chloris petraea</i> S.W.	hierba
<i>Chloris virgata</i> Sw.	hierba
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	hierba
<i>Digitaria filiformis</i> (L.) Koel.	hierba
<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.	hierba
<i>Distichlis spicata</i> (L.) Greene	hierba
<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link.	hierba
<i>Echinochloa crusgalli</i> (L.) Beauv	hierba
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	hierba
<i>Eragrostis amabilis</i> (L.) Wight y Arn.	hierba
<i>Eragrostis ciliaris</i> (L.) Link.	hierba
<i>Eragrostis diffusa</i> Buckl.	hierba
<i>Eragrostis elliottii</i> S. Wats	hierba
<i>Eragrostis hypnoides</i> (Lam.) B.S.P.	hierba
<i>Eustachys petraea</i> (Sw.) Desv.	hierba
<i>Hackelochloa granularis</i> (L.) Kuntze	hierba
<i>Heteropogon contortus</i> (L.) Beauv.	hierba
<i>Hymenachne amplexicaulis</i> (Rudge) Nees	hierba
<i>Hyparrhenia rufa</i> (Nees) Stapf.	hierba
<i>Ichnanthus nemorosus</i> (Sw.) Doell.	hierba
<i>Ichnanthus pallens</i> (Sw.) Munro	hierba
<i>Imperata contracta</i> (H.B. & K.) Hitchc.	hierba
<i>Ixophorus unisetus</i> (Presl.) Schlecht.	hierba
<i>Lasiacis divaricata</i> (L.) A.S. Hitchc.	hierba
<i>Lasiacis grisebachii</i> (Nash.) Hitchc.	hierba
<i>Lasiacis rugelii</i> (Griseb.) A.S. Hitchc.	hierba
<i>Lasiacis ruscifolia</i> (H.B. & K.) A.S. Hitchc.	hierba
<i>Lasiacis sloanei</i> (Griseb.) Hitchc.	hierba
<i>Lasiacis sorghoidea</i> (Desv.) Hitchc y Chase	hierba
<i>Leersia hexandra</i> Sw.	hierba
<i>Leersia monandra</i> Sw.	hierba
<i>Leptochloa domingensis</i> (Jacq.) Trin.	hierba
<i>Leptochloa fascicularis</i> (Lam.) A. Gray	hierba
<i>Leptochloa filiformis</i> (Lam.) Beauv.	hierba
<i>Leptochloa nealleyi</i> Vasey	hierba
<i>Leptochloa virgata</i> (L.) Beauv.	hierba

Tabla 1. Cont.....

Nombre científico	Forma de vida
<i>Leptocoriphium lanatum</i> (H.B. & K.) Nees	hierba
<i>Lithachne pauciflora</i> (Sw.) Beauv.	hierba
<i>Luziola spruceana</i> Benth.	hierba
<i>Monanthochloe littoralis</i> Engelm.	hierba
<i>Muhlenbergia capillaris</i> (Lam.) Trin.	hierba
<i>Olyra latifolia</i> L.	hierba
<i>Opizia stolonifera</i> Presl.	hierba
<i>Oplismenus burmannii</i> (Retz.) Beauv.	hierba
<i>Oplismenus hirtellus</i> (L.) Beauv.	hierba
<i>Oplismenus setarius</i> (Lam) Roem & Schult	hierba
<i>Oryza latifolia</i> Desv.	hierba
<i>Panicum amarulum</i> Hitchc. & Chase.	hierba
<i>Panicum blodgettii</i> Chapm.	hierba
<i>Panicum cayennense</i> Lam.	hierba
<i>Panicum condensum</i> Nash.	hierba
<i>Panicum fasciculatum</i> Sw.	hierba
<i>Panicum germinatum</i> Forsk	hierba
<i>Panicum ghiesbreghtii</i> Fourn.	hierba
<i>Panicum gouini</i> Fourn.	hierba
<i>Panicum hirsutum</i> Sw.	hierba
<i>Panicum hirticaule</i> Presl.	hierba
<i>Panicum laxum</i> Sw.	hierba
<i>Panicum maximum</i> Jacq.	hierba
<i>Panicum pilosum</i> Sw.	hierba
<i>Panicum tenerum</i> Beyr.	hierba
<i>Panicum trichanthum</i> Nees	hierba
<i>Panicum virgatum</i> L.	hierba
<i>Paspalum blodgettii</i> Chapm.	hierba
<i>Paspalum caespitosum</i> Flügge	hierba
<i>Paspalum clavuliferum</i> Wright.	hierba
<i>Paspalum conjugatum</i> Berg.	hierba
<i>Paspalum fimbriatum</i> H.B. & K.	hierba
<i>Paspalum langei</i> (Fourn.) Nash	hierba
<i>Paspalum millegrana</i> Schrad.	hierba
<i>Paspalum notatum</i> Flügge	hierba
<i>Paspalum paniculatum</i> L.	hierba
<i>Paspalum plicatulum</i> Michx.	hierba
<i>Paspalum repens</i> Berg.	hierba
<i>Paspalum vaginatum</i> Sw	hierba

Tabla 1. Cont.....

Nombre científico	Forma de vida
<i>Paspalum virgatum</i> L.	hierba
<i>Pennisetum purpureum</i> Schumach.	hierba
<i>Phalaris canariensis</i> L.	hierba
<i>Rottboelia exaltata</i> L.	hierba
<i>Setaria chapmanii</i> (Vasey) Pilger	hierba
<i>Setaria geniculata</i> (Lam.) Beauv.	hierba
<i>Setaria scandens</i> Schrad.	hierba
<i>Setaria tenax</i> (L.) Rich.	hierba
<i>Spartina patens</i> var. <i>juncea</i> (Michx.) Hitchc.	hierba
<i>Sporobolus domingensis</i> (Trin.) Kunth.	hierba
<i>Sporobolus indicus</i> (L.) R. Br.	hierba
<i>Sporobolus pyramidatus</i> (Lam.) Hitchc.	hierba
<i>Sporobolus virginicus</i> (L.) Kunth.	hierba
<i>Stenotaphrum secundatum</i> (Walt.) Kuntze	hierba
<i>Trichachne insularis</i> (L.) Nees	hierba
Guttiferae	
<i>Calophyllum brasiliensis</i> Cambess.	árbol
<i>Clusia minor</i> L.	árbol
<i>Mammea americana</i> L.	árbol
Hydrocharitaceae	
<i>Thalassia testudinum</i> Banks ex Konig.	hierba
<i>Vallisneria americana</i> Michx.	hierba
Hydrophyllaceae	
<i>Hydrolea spinosa</i> L.	hierba
<i>Nama jamaicense</i> L.	hierba
Iridaceae	
<i>Cipura paludosa</i> Aubl.	hierba
Labiatae (Lamiaceae)	
<i>Hyptis capitata</i> Jacq.	hierba

Tabla 1. Cont.....

Nombre científico	Forma de vida
<i>Hyptis mutabilis</i> (L.C.Richard) Briq.	hierba
<i>Hyptis pectinata</i> (L.) Poit.	hierba
<i>Hyptis suaveolens</i> (L.) Poit.	hierba
<i>Hyptis verticillata</i> Jacq.	hierba
<i>Leonorus sibiricus</i> L.	hierba
<i>Leonotis nepetaefolia</i> (L.) R. Brown	hierba
<i>Micromeria brownei</i> Benth.	hierba
<i>Ocimum basilicum</i> L.	hierba
<i>Ocimum micranthum</i> Willd.	hierba
<i>Salvia coccinea</i> Juss. Eurr.	hierba
<i>Salvia micrantha</i> Vahl	hierba
<i>Salvia misella</i> H.B. & K.	hierba
<i>Teucrium cubense</i> L.	hierba
Lauraceae	
<i>Cassytha filiformis</i> L.	hierba
<i>Nectandra coriacea</i> Griseb.	arbusto
Leguminosae (Fabaceae)	
<i>Abrus precatorius</i> L.	trepadora
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	arbusto
<i>Acacia spadicigera</i> Cham. & Schlecht.	arbusto
<i>Aeschynomene americana</i> L.	arbusto
<i>Aeschynomene sensitiva</i> Sw.	arbusto
<i>Albizia lebbek.</i> (L.) Benth	árbol
<i>Andira inermis</i> (Sw.) H.B. & K.	árbol
<i>Ateleia gummifera</i> (DC.) D. Dietr. var. <i>cubensis</i> (Griseb.)	árbol
<i>Bauhinia divaricata</i> L.	arbusto
<i>Bauhinia jenningsii</i> P. Wilson	arbusto
<i>Caesalpinia bonduc</i> (L.) Roxb.	arbusto
<i>Caesalpinia pulcherrima</i> (L.) Sw.	arbusto
<i>Caesalpinia vesicaria</i> L.	arbusto
<i>Caesalpinia violacea</i> (Mill.) Standley	arbusto
<i>Calliandra grisebachii</i> (Britt. & Rose) León	arbusto
<i>Calliandra houstoniana</i> (Mill.) Standley	arbusto
<i>Calopogonium coeruleum</i> (Benth) Hemsl.	trepadora
<i>Canavalia brasiliensis</i> Mart. ex Benth.	trepadora

Tabla 1. Cont.....

Nombre científico	Forma de vida
<i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC.	trepadora
<i>Cassia alata</i> L.	arbusto
<i>Cassia bicapsularis</i> L.	arbusto
<i>Cassia biflora</i> L.	arbusto
<i>Cassia diphylla</i> L.	hierba
<i>Cassia emarginata</i> L.	árbol
<i>Cassia fistula</i> L.	árbol
<i>Cassia flexuosa</i> L.	hierba
<i>Cassia grandis</i> L. f.	árbol
<i>Cassia hirsuta</i> L.	hierba
<i>Cassia leptocarpa</i> Benth.	hierba
<i>Cassia obtusifolia</i> L.	hierba
<i>Cassia occidentalis</i> L.	hierba
<i>Cassia stenocarpa</i> Vogel	hierba
<i>Cassia uniflora</i> Mill.	arbusto
<i>Centrosema plumieri</i> (Turp) Benth.	hierba
<i>Centrosema sagittatum</i> (Hum. & Bonpl.) T.S.Brandege ex Riley	hierba
<i>Centrosema virginianum</i> (L.) Benth.	hierba
<i>Chamaecrista diffusa</i> DC.	hierba
<i>Chamaecrista nictitans</i> var. <i>jalisciensis</i> (Greenm) I. & B.	hierba
<i>Crotalaria incana</i> L.	hierba
<i>Crotalaria pumila</i> Ortega	hierba
<i>Crotalaria retusa</i> L.	hierba
<i>Crotalaria vittelina</i> Ker.	hierba
<i>Dalbergia brownei</i> (Jacq.) Urban	hierba
<i>Dalea domingensis</i> DC.	hierba
<i>Desmanthus depressus</i> Humb. & Bonpl.	hierba
<i>Desmanthus virgatus</i> (L.) Willd.	hierba
<i>Desmodium adscendens</i> (Sw.) DC.	hierba
<i>Desmodium canum</i> (J.F.Gmel) Schinz & Thellung	hierba
<i>Desmodium distortum</i> (Aubl.) McBride	hierba
<i>Desmodium glabrum</i> (Mill.) DC.	hierba
<i>Desmodium procumbens</i> (Mill.) Hitchcock var. <i>typicum</i> Schubert	hierba
<i>Desmodium scorpiurus</i> (Sw.) Desv.	hierba
<i>Desmodium tortuosum</i> (Sw.) DC.	hierba
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	árbol
<i>Erithrina cubensis</i> C. Wright	árbol
<i>Erythrina berteroaana</i> Urban	árbol
<i>Erythrina standleyana</i> Krukoff	árbol

Tabla 1. Cont.....

Nombre científico	Forma de vida
<i>Galactia dubia</i> DC.	hierba
<i>Galactia striata</i> (Jacq.) Urban	hierba
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Steud.	árbol
<i>Haematoxylon campechianum</i> L.	árbol
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	árbol
<i>Indigofera indica</i> L.	árbol
<i>Indigofera mucronata</i> Spreng. ex DC.	hierba
<i>Indigofera suffruticosa</i> Mill.	hierba
<i>Inga vera</i> Willd.	árbol
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) De Witt	árbol
<i>Lonchocarpus latifolius</i> (Willd.) H.B. & K.	árbol
<i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.) Benth.	árbol
<i>Macroptilium atropurpureum</i> (Sessé & Mociño ex DC.) Urban	hierba
<i>Macroptilium lathyroides</i> (L.) Urban	hierba
<i>Mimosa pigra</i> L.	hierba
<i>Mimosa pudica</i> L.	hierba
<i>Mucuna pruriens</i> (L.) DC.	trepadora
<i>Pachyrhizus erosus</i> (L.) Urban	hierba
<i>Parkinsonia aculeata</i> L.	árbol
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	hierba
<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.	árbol
<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	árbol
<i>Pithecellobium keyense</i> Britt. ex Coker	arbusto
<i>Pithecellobium latifolium</i> (L.) Benth.	árbol
<i>Pithecellobium saman</i> (Jacq.) Benth	árbol
<i>Pithecellobium unguis-cati</i> (L.) Warth.	árbol
<i>Prosopis glandulosa</i> Torrey var. <i>torreyana</i> (L. Benson) Johnston	árbol
<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	árbol
<i>Rhynchosia minima</i> (L.) DC.	trepadora
<i>Rhynchosia reticulata</i> (Sw.) DC	trepadora
<i>Rhynchosia Sw.ii</i> (Vail) Urban	trepadora
<i>Sesbania emerus</i> (Aubl.) Urban	hierba
<i>Sophora tomentosa</i> L.	hierba
<i>Stylosanthes hamata</i> (L.) Taubert	hierba
<i>Sw.ia cubensis</i> (Britt. & Wills.) Standley	árbol
<i>Tephrosia cinerea</i> (L.) Pers.	hierba
<i>Teramnus uncinatus</i> (L.) Sw.	trepadora
<i>Vigna luteola</i> (Jacq.) Benth	hierba

Tabla 1. Cont.....

Nombre científico	Forma de vida
<i>Vigna antillana</i> (Urban) Fawc.	trepadora
<i>Vigna vexillata</i> (L.) A. Rich.	trepadora
Lemnaceae	
<i>Lemna minor</i> L.	hierba
Liliaceae	
<i>Aloe vera</i> L.	hierba
<i>Smilax domingensis</i> Millsp.	trepadora
<i>Smilax mollis</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	trepadora
Limnocharitaceae	
<i>Limnocharis flava</i> (L.) Buchnar.	hierba
Loganiaceae	
<i>Spigelia anthelmia</i> L.	hierba
Lythraceae	
<i>Rotala ramisior</i> (L.) Kohene	hierba
Malpighiaceae	
<i>Bunchosia swartziana</i> Griseb.	arbusto
<i>Byrsonima crassifolia</i> H.B. & K.	arbusto
<i>Heteroptens laurifolia</i> (L.) H.B. & K.	trepadora
<i>Malpighia glabra</i> L.	arbusto
<i>Malpighia incana</i> Mill.	arbusto
<i>Malpighia puniceifolia</i> L.	arbusto
<i>Abutilon americanum</i> (L.) Sweet.	arbusto
Malvaceae	
<i>Abutilon permolle</i> (Willd.) Sweet.	arbusto
<i>Abutilon trisulcatum</i> (Jacq.) Urban	arbusto

Tabla 1. Cont.....

Nombre científico	Forma de vida
<i>Abutilon umbellatum</i> (L.) Sweet	arbusto
<i>Anoda acerifolia</i> (Zuc.) DC.	arbusto
<i>Bastardia viscosa</i> (L.) H.B. & K.	hierba
<i>Cienfuegosia yucatanensis</i> Millsp.	hierba
<i>Gayoides crispum</i> (L.) Small	hierba
<i>Gossypium barbadense</i> L.	arbusto
<i>Gossypium hirsutum</i> L.	arbusto
<i>Hibiscus clypeatus</i> L.	arbusto
<i>Hibiscus tilaceus</i> L.	árbol
<i>Hibiscus tubiflorus</i> DC.	arbusto
<i>Malachra alceifolia</i> Jacq.	hierba
<i>Malachra capitata</i> (L.) L.	hierba
<i>Malachra fasciata</i> Jacq.	hierba
<i>Malvastrum corchorifolium</i> (Desv.) Britt. & Small	hierba
<i>Malvastrum coromandelianum</i> (L.) Garcke	arbusto
<i>Malvastrum spicatum</i> (L.) Gray	arbusto
<i>Malvaviscus arboreus</i> Cav.	arbusto
<i>Sida acuta</i> Burm. f.	hierba
<i>Sida ciliaris</i> L.	hierba
<i>Sida cordifolia</i> L.	hierba
<i>Sida linifolia</i> Cav.	hierba
<i>Sida abutifolia</i> Mill.	hierba
<i>Sida rhombifolia</i> L.	hierba
<i>Sida spinosa</i> L.	arbusto
<i>Thespesia populnea</i> (L.) Sol. ex Correa	árbol
<i>Wissadula amplissima</i> (L.) R.E. Fries	hierba
Marantaceae	
<i>Maranta arundinacea</i> L.	hierba
<i>Thalia geniculata</i> L.	hierba
Martyniaceae	
<i>Martynia annua</i> L.	arbusto

Tabla 1. Cont.....

Nombre científico	Forma de vida
Melastomataceae	
<i>Conostegia xalapensis</i> (Bonpl.) D. Don.	árbol
<i>Miconia prasina</i> (Swatz) DC.	árbol
<i>Tibouchina longifolia</i> (Vahl) Baillon	arbusto
Meliaceae	
<i>Cedrela mexicana</i> M. Roemer	árbol
<i>Cedrela odorata</i> L.	árbol
<i>Melia azedarach</i> L.	árbol
<i>Trichilia havanensis</i> Jacq.	árbol
<i>Trichilia hirta</i> L.	árbol
Menispermaceae	
<i>Cissampelos pareira</i> L.	trepadora
<i>Hyperbaena cubensis</i> (Griseb.) Urban	arbusto
Molluginaceae	
<i>Glinus radiatus</i> (Ruiz & Pavón) P. Rohrb.	hierba
Moraceae	
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	árbol
<i>Castilla elastica</i> Sessé	árbol
<i>Cecropia peltata</i> L.	árbol
<i>Chlorophora tinctoria</i> (L.) Gaud.	árbol
<i>Ficus jaquinifolia</i> A. Rich.	árbol
<i>Trophis racemosa</i> (L.) Urban	árbol
Myricaceae	
<i>Myrica cerifera</i> L.	arbusto
Myrsinaceae	
<i>Ardisia escallonioides</i> Schlecht.	arbusto

Tabla 1. Cont.....

Nombre científico	Forma de vida
<i>Parathesis cubana</i> (A. DC.) Molt. & Maza	arbusto
<i>Rapanea guianensis</i> Aublet	arbusto
Myrtaceae	
<i>Calyptanthus pallens</i> Griseb.	árbol
<i>Eugenia acapulcensis</i> Steudel	arbusto
<i>Eugenia axillaris</i> (Sw.) Willd.	árbol
<i>Eugenia maleolens</i> Poir (O. Berg)	árbol
<i>Eugenia rhombea</i> (Berg) Krug & Urban ex Urban	árbol
<i>Jambosa vulgaris</i> DC.	árbol
<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr.	arbusto
<i>Psidium guajava</i> L.	árbol
<i>Psidium guineense</i> Sw.	arbusto
<i>Psidium sartorianum</i> (O.Berg) Niedenzu	arbusto
Najadaceae	
<i>Najas maritima</i> L.	hierba
<i>Najas wrightiana</i> A. Br.	hierba
Nyctaginaceae	
<i>Boerhavia caribaea</i> Jacq.	hierba
<i>Boerhavia erecta</i> L.	hierba
<i>Commicarpus scandens</i> (L.) Standley	hierba
<i>Mirabilis jalapa</i> L.	hierba
<i>Pisonia aculeata</i> L.	arbusto
Nymphaeaceae	
<i>Cabomba piauhiensis</i> Gardn.	hierba
<i>Nelumbo lutea</i> (Willd.) Pers.	hierba
<i>Nymphaea blanda</i> G. Meyer	hierba
Ochnaceae	
<i>Ouratea nitida</i> (Sw.) Engler	arbusto

Tabla 1. Cont.....

Nombre científico	Forma de vida
Olacaceae	
<i>Ximenia americana</i> L.	arbusto
Oleaceae	
<i>Forestiera rhamnifolia</i> Griseb.	árbol
Onagraceae	
<i>Ludwigia palustris</i> (L.) Ell.	hierba
Orchidaceae	
<i>Bletia purpurea</i> (Lam.) DC.	epífita
<i>Cyrtopodium punctatum</i> (L.) Lindl.	epífita
<i>Epidendrum anceps</i> Jacq.	epífita
<i>Epidendrum difforme</i> Jacq.	epífita
<i>Epidendrum rigidum</i> Jacq.	epífita
<i>Ionopsis utricularioides</i> (Sw.) Lindl.	epífita
<i>Oncidium sphacelatum</i> Lindl.	epífita
<i>Pleurothalis broadwayi</i> Amens	epífita
<i>Pleurothalis grobyi</i> Batem. ex Lindl.	epífita
<i>Spirantes orchioides</i> (Sw.) A. Rich	epífita
Oxalidaceae	
<i>Oxalis pinetorum</i> Urban	hierba
Palmae (Arecaceae)	
<i>Acoelorrhapha wrightii</i> (Griseb. & H. Wendland) H. Wendland ex Becc	árborecente
<i>Pseudophoenix sargentii</i> H. Wendland ex Sarg.	árborecente
<i>Roystonea regia</i> (H.B. & K.) O.F.Cook	árborecente
<i>Sabal japa</i> Wright	árborecente
<i>Thrinax parviflora</i> Sw.	arbustiva
<i>Thrinax radiata</i> Lood. ex J.A. & J H Schutt	arbustiva

Tabla 1. Cont.....

Nombre científico	Forma de vida
Papaveraceae	
<i>Argemone mexicana</i> L.	hierba
Passifloraceae	
<i>Passiflora ciliata</i> Dryan	trepadora
<i>Passiflora cubensis</i> Urban	trepadora
<i>Passiflora foetida</i> L.	trepadora
<i>Passiflora gossypiifolia</i> Desv.	trepadora
<i>Passiflora suberosa</i> L.	trepadora
Phytolaccaceae	
<i>Petiveria alliacea</i> L.	hierba
<i>Phytolacca icosandra</i> L.	hierba
<i>Phytolacca rivinoides</i> Kunth & Bouché	hierba
<i>Rivina humilis</i> L.	hierba
Pinaceae	
<i>Pinus caribaea</i> Morelet	árbol
Piperaceae	
<i>Peperomia obtusifolia</i> (L.) A. Dietr.	arbusto
<i>Peperomia urocarpa</i> Fisch y Mey.	arbusto
<i>Piper auritum</i> H.B. & K.	arbusto
Plantaginaceae	
<i>Plantago major</i> L.	hierba
Plumbaginaceae	
<i>Plumbago scandens</i> L.	hierba

Tabla 1. Cont.....

Nombre científico	Forma de vida
Polygalaceae	
<i>Polygala brizoides</i> St. Hil.	hierba
<i>Polygala paniculata</i> L.	hierba
<i>Securidaca elliptica</i> Turcz.	arbusto
Polygonaceae	
<i>Antigonon leptopus</i> Hook. & Arn.	arbusto
<i>Coccoloba diversifolia</i> Jacq.	árbol
<i>Coccoloba</i> Sw. Meissner	árbol
<i>Coccoloba uvifera</i> L.	árbol
<i>Polygonum acuminatum</i> H.B. & K.	hierba
<i>Polygonum punctatum</i> Ell.	hierba
Pontederiaceae	
<i>Eichhornia crassipes</i> (Martz.) Solms	hierba
<i>Heteranthera limosa</i> (Sw.) Willd.	hierba
<i>Sagittaria lencifolia</i> L.	hierba
Portulacaceae	
<i>Portulaca halimoides</i> L.	hierba
<i>Portulaca oleracea</i> L.	hierba
<i>Portulaca pilosa</i> L.	hierba
<i>Talinum triangulare</i> (Jacq.) Willd.	hierba
Primulaceae	
<i>Samolus ebracteatus</i> H.B. & K.	hierba
Ranunculaceae	
<i>Clematis dioica</i> L.	hierba
Rhamnaceae	
<i>Colubrina arborescens</i> (Mill.) Sarg.	árbol

Tabla 1. Cont.....

Nombre científico	Forma de vida
<i>Colubrina reclinata</i> (L'Hér.) Brongn.	árbol
<i>Gouania lupuloides</i> (L.) Urban	trepadora
<i>Gouania polygama</i> (Jacq.) Urban	trepadora
<i>Krugiodendron ferreum</i> Urban	árbol
Rhizophoraceae	
<i>Cassipourea guianensis</i> Aubl.	trepadora
<i>Rhizophora mangle</i> L.	árbol
Rosaceae	
<i>Chrysobalanus icaco</i> L.	árbol
<i>Hirtella americana</i> L.	árbol
Rubiaceae	
<i>Alibertia edulis</i> (L. Rich.) A. Rich. ex DC.	árbol
<i>Antirhea lucida</i> (Sw.) Benth. & Hook	árbol
<i>Borreria laevis</i> (Lam.) Griseb	hierba
<i>Borreria ocymoides</i> (Burm.) DC.	hierba
<i>Borreria suaveolens</i> G. Meyer	hierba
<i>Borreria verticellata</i> (L.) G. Meyer	hierba
<i>Calycophyllum candidissimum</i> (Vahl.) DC.	árbol
<i>Chiococca alba</i> (L.) Hitchc.	trepadora
<i>Crusea hispida</i> (Mill.) Robinson	hierba
<i>Erithalis fruticosa</i> L.	arbusto
<i>Ernodea litoralis</i> Sw.	arbusto
<i>Exostemma caribaeum</i> (Jacq.) Roemer & Schultes	árbol
<i>Guettarda combsii</i> Urban	arbusto
<i>Guettarda elliptica</i> Sw.	arbusto
<i>Hamelia patens</i> Jacq.	arbusto
<i>Hemidiodia ocimifolia</i> (Willd.) Schum.	hierba
<i>Ixora coccinea</i> L.	arbusto
<i>Mitracarpus hirtus</i> (L.) DC	hierba
<i>Morinda royoc</i> L.	arbusto
<i>Psychotria microdon</i> (DC.) Urban	arbusto
<i>Psychotria pubescens</i> Sw.	arbusto
<i>Psychotria tenuifolia</i> Sw.	arbusto

Tabla 1. Cont.....

Nombre científico	Forma de vida
<i>Psychotria undata</i> Jacq.	arbusto
<i>Rachicallis americana</i> (Jacq.) Hitchc.	arbusto
<i>Randia aculeata</i> L.	arbusto
<i>Richardia scabra</i> L.	hierba
<i>Spermacoce confusa</i> Rendle	hierba
<i>Spermacoce riparia</i> Cham. & Schlecht.	hierba
<i>Spermacoce tetraquetra</i> A. Rich.	hierba
<i>Spermacoce verticillata</i> (L.) Meyer	hierba
<i>Strumpfia maritima</i> Jacq.	arbusto
Ruppiaceae	
<i>Ruppia maritima</i> L.	hierba
Rutaceae	
<i>Amyris elemifera</i> L.	arbusto
<i>Pilocarpus racemosus</i> Vahl.	arbusto
<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	arbusto
Salicaceae	
<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	árbol
Sapindaceae	
<i>Allophyllus cominia</i> (L.) Sw.	árbol
<i>Allophyllus occidentalis</i> (Sw.) Raldk.	árbol
<i>Cardiospermum corindum</i> L.	trepadora
<i>Cardiospermum halicacabum</i> L.	trepadora
<i>Cupania glabra</i> Sw.	árbol
<i>Dodonaea viscosa</i> Jacq.	arbusto
<i>Matayba apetala</i> (Macf.) Radlk.	árbol
<i>Melicocca bijuga</i> L.	árbol
<i>Paullinia fuscescens</i> H.B. & K.	trepadora
<i>Paullinia pinnata</i> L.	trepadora
<i>Sapindus saponaria</i> L.	árbol
<i>Serjania caracasana</i> (Jacq.) Willd.	trepadora
<i>Urvillea ulmacea</i> H.B. & K.	trepadora

Tabla 1. Cont.....

Nombre científico	Forma de vida
Sapotaceae	
<i>Bumelia americana</i> (Mill.) Stearn.	arbusto
<i>Bumelia celastrina</i> H.B. & K.	arbusto
<i>Chrysophyllum cainito</i> L.	árbol
<i>Dipholis salicifolia</i> A. DC.	árbol
<i>Manilkara achras</i> (Mill.) Fosberg	árbol
<i>Manilkara sapotilla</i> (Jacq.) Gilly	árbol
<i>Mastichodendron foetidissimum</i> (Jacq.) Cronquist var. <i>gaumeri</i> (Pittier) L.O.	árbol
<i>Pouteria campechiana</i> (H.B. & K.) Baehni	árbol
<i>Pouteria mammosa</i> (L.) Cronquist	árbol
Scrophulariaceae	
<i>Angelonia angustifolia</i> Benth.	hierba
<i>Bacopa monnieri</i> (L.) Peanell var. <i>monnieri</i>	hierba
<i>Capraria biflora</i> L.	hierba
<i>Russelia equisetiformis</i> Schlecht. & Cham.	arbusto
<i>Russelia sarmentosa</i> Jacq.	hierba
<i>Scoparia dulcis</i> L.	hierba
<i>Stemodia maritima</i> L.	hierba
Simarubaceae	
<i>Alvaradoa amorphoides</i> Liebm.	árbol
<i>Simarouba glauca</i> DC.	árbol
<i>Suriana maritima</i> L.	hierba
Solanaceae	
<i>Capsicum annuum</i> L.	arbusto
<i>Capsicum frutescens</i> L.	arbusto
<i>Cestrum diurnum</i> L.	arbusto
<i>Cestrum nocturnum</i> L.	arbusto
<i>Datura inoxia</i> Mill	arbusto
<i>Datura metel</i> L.	hierba
<i>Datura stramonium</i> L.	hierba
<i>Lycianthes lenta</i> (Cav.) Bitter	arbusto
<i>Lycium carolinianum</i> Walter	hierba

Tabla 1. Cont.....

Nombre científico	Forma de vida
<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.	hierba
<i>Nicotiana tabacum</i> L.	hierba
<i>Physalis lagascae</i> Roemer & Schultes	hierba
<i>Physalis pubescens</i> L.	hierba
<i>Schwenkia americana</i> L.	hierba
<i>Solanum mammosum</i> L.	hierba
<i>Solanum melongena</i> L.	arbusto
<i>Solanum americanum</i> Mill.	arbusto
<i>Solanum antillarum</i> O.E. Schultz	arbusto
<i>Solanum erianthum</i> D. Don	arbusto
<i>Solanum hirtum</i> M. Vahl.	arbusto
<i>Solanum lanceifolium</i> Jacq.	arbusto
<i>Solanum nigrum</i> L.	hierba
<i>Solanum rugosum</i> Dunal	arbusto
<i>Solanum torvum</i> Sw.	arbusto
Sterculiaceae	
<i>Ayenia pusilla</i> L.	hierba
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	árbol
<i>Helicteres guazumaefolia</i> H.B. & K.	arbusto
<i>Helicteres semitriloba</i> Bertero	arbusto
<i>Melochia pyramidata</i> L.	hierba
<i>Melochia tomentosa</i> L.	arbusto
<i>Sterculia apetala</i> (Jacq.) Karst.	árbol
<i>Theobroma cacao</i> L.	árbol
<i>Waltheria americana</i> L.	hierba
Thymelaeaceae	
<i>Daphnopsis americana</i> (Mill.) J. R. Johnston	árbol
Tiliaceae	
<i>Corchorus orinocensis</i> H.B. & K.	hierba
<i>Corchorus siliquosus</i> L.	hierba
<i>Luehea speciosa</i> Willd	árbol
<i>Triumfetta semitriloba</i> Jacq.	arbusto

Tabla 1. Cont.....

Nombre científico	Forma de vida
Turneraceae	
<i>Piriqueta cistoides</i> (L.) Meyer ex Steudel	hierba
<i>Turnera diffusa</i> Willd. ex Schultes	hierba
<i>Turnera ulmifolia</i> L.	arbusto
Typhaceae	
<i>Typha angustifolia</i> L.	hierba
<i>Typha domingensis</i> Pers.	hierba
Ulmaceae	
<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.	trepadora
<i>Celtis trinervia</i> Lam.	árbol
<i>Phyllostylon brasiliense</i> Cappan. ex Benth & Hook. f.	árbol
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	arbusto
Umbelliferae	
<i>Centella asiatica</i> (L.) Urban	hierba
<i>Hydrocotyle bonariensis</i> Lam.	hierba
<i>Hydrocotyle verticillata</i> Thumb var. <i>triradiata</i> (A. Rich) Fern.	hierba
Urticaceae	
<i>Pilea herniariodes</i> (Sw.) Lindl.	hierba
<i>Pilea microphylla</i> (L.) Liebm.	hierba
<i>Urera baccifera</i> (L.) Gaudich.	árbol
Verbenaceae	
<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	árbol
<i>Bouchea prismatica</i> (L.) Kuntze	hierba
<i>Callicarpa roigii</i> Britt.	arbusto
<i>Citharexylum caudatum</i> L.	árbol
<i>Cornutia pyramidata</i> L.	hierba
<i>Duranta repens</i> L.	hierba
<i>Ghinia curassavica</i> (L.) Oken	hierba

Tabla 1. Cont.....

Nombre científico	Forma de vida
<i>Lantana urticifolia</i> Mill.	arbusto
<i>Lantana camara</i> L.	arbusto
<i>Lantana canescens</i> H.B. & K.	arbusto
<i>Lantana involucrata</i> L.	arbusto
<i>Lippia alba</i> (Mill.) N.E. Br.	hierba
<i>Lippia nodiflora</i> (L.) Michaux	hierba
<i>Lippia reptans</i> (Sprengel) H.B. & K.	hierba
<i>Lippia stoechadifolia</i> (L.) H.B. & K.	hierba
<i>Petrea volubilis</i> L.	hierba
<i>Phyla strigulosa</i> Martens & Galeotti	hierba
<i>Priva lappulacea</i> (L.) Pers.	hierba
<i>Stachytarpheta angustifolia</i> (Mill.) Vahl	hierba
<i>Stachytarpheta cayennensis</i> (L. Rich) Vahl	hierba
<i>Stachytarpheta jamaicensis</i> (L.) Vahl	hierba
<i>Stachytarpheta mutabilis</i> (Jacq.) Vahl.	hierba
Vitaceae	
<i>Cissus microcarpa</i> Vahl.	trepadora
<i>Cissus rhombifolia</i> Vahl	trepadora
<i>Cissus sicyoides</i> L.	trepadora
<i>Cissus trifoliata</i> L.	rastrera
<i>Vitis tiliaefolia</i> Humb. & Bonpl. ex R. & S.	rastrera
Xyridaceae	
<i>Xyris ambigua</i> Beyrich ex Kunth	hierba
Zygophyllaceae	
<i>Guaiaacum sanctum</i> L.	árbol
<i>Kallstroemia maxima</i> (L.) Hook.	hierba
<i>Tribulus cistoides</i> L.	trepadora

* HAC Herbario de la academia de Ciencias, Instituto de Ecología y Sistemática
HAJB Herbario del jardín botánico Nacional.