



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS

ECOLOGÍA

COMPARACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE DOS ZONAS DE SELVA

BAJA EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA RÍA LAGARTOS, YUCATÁN

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

BIÓL. CHRISTIANE PIZARRO HERNÁNDEZ

TUTORA PRINCIPAL DE TESIS:

Dra. Silvia Castillo Argüero, Facultad de Ciencias

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:

Dra. María Patricia Guadarrama Chávez, Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, SISAL Yucatán

Dr. Mauricio Quesada Avendaño, Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

MÉXICO, D.F. ENERO, 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS

ECOLOGÍA

COMPARACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE DOS ZONAS DE SELVA

BAJA EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA RÍA LAGARTOS, YUCATÁN

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

BIÓL. CHRISTIANE PIZARRO HERNÁNDEZ

TUTORA PRINCIPAL DE TESIS:

Dra. Silvia Castillo Argüero, Facultad de Ciencias

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:

Dra. María Patricia Guadarrama Chávez, Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, SISAL Yucatán

Dr. Mauricio Quesada Avendaño, Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

MÉXICO, D.F. ENERO, 2016



POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

OFICIO FCIE/DEP/899/15

ASUNTO: Oficio de Jurado

Dr. Isidro Ávila Martínez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día **19 de octubre de 2015** se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS** en el campo de conocimiento de **Ecología** del (la) alumno (a) **PIZARRO HERNÁNDEZ CHRISTIANE** con número de cuenta **304314759** con la tesis titulada **“Comparación del estado de conservación de dos zonas de selva baja en la reserva de la biosfera Ría Lagartos, Yucatán”**, realizada bajo la dirección del (la) **DRA. SILVIA CASTILLO ARGÜERO**:

Presidente: DR. JOSÉ ALEJANDRO ZAVALA HURTADO
Vocal: DR. OSWALDO TELLEZ VALDÉS
Secretario: DRA. MARÍA PATRICIA GUADARRAMA CHÁVEZ
Suplente: DR. GABRIEL GUTIÉRREZ GRANADOS
Suplente: DRA. SARA LUCÍA CAMARGO RICALDE

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
“POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU”
Cd. Universitaria, D.F., a 07 de diciembre de 2015

DRA. MARÍA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA
COORDINADORA DEL PROGRAMA



MCAA/MJFM/ASR/ipp

AGRADECIMIENTOS

Al Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada durante mis estudios de maestría (CVU 545294), por los apoyos PAEP concedidos para mi asistencia a diversos congresos y el apoyo para la impresión de tesis.

Al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT) por el apoyo para asistencia a congresos así como por la beca de apoyo a la titulación de tesis de posgrado.

Al proyecto PRODEP (103.5/12/2122) “Red para el estudio de las interacciones bióticas en México”.

A mi tutora principal: Dra. Silvia Castillo Argüero y a los miembros de mi comité tutor: Dra. Guadarrama Chávez y Dr. Quesada Avendaño.

A los miembros del jurado: Dra. Sara Lucía Camargo Ricalde, Dr. José Alejandro Zavala Hurtado, Dr. Gabriel Gutiérrez Granados y Dr. Oswaldo Tellez Valdés.

AGRADECIMIENTOS ACADÉMICOS

A la Dra. Castillo por recibirme nuevamente en su grupo de trabajo, por su tiempo y apoyo dedicado.

A los miembros del jurado: Dra. Sara Lucía Camargo Ricalde, Dr. José Alejandro Zavala Hurtado, Dr. Gabriel Gutiérrez Granados y Dr. Oswaldo Tellez Valdés; cuyas valiosas aportaciones mejoraron considerablemente la calidad de mi tesis.

A la Dra. Guadalupe Barajas por su ayuda siempre tan cordial y acertada en cuestiones estadísticas.

Al Biól. Marco Antonio Romero Romero por su apoyo siempre ilimitado en cuestiones de edición de imagen, uso de programas y cómputo en general.

A la Dra. Irene Sánchez por el apoyo técnico incondicional en mis dudas estadísticas y metodológicas.

Al M. en C. David Salinas de la Facultad de Ciencias, por su ayuda cada semestre para realizar las videoconferencias de los tutorales.

Al técnico del Dr. Quesada, el Biól. Gumersindo Sánchez Montoya por su efectiva ayuda en la organización de cada tutorial y demás trámites.

Al Dr. Luis Salinas Peba por su apoyo en campo y en la determinación de los ejemplares.

A la Biól. Diana Fabián Méndez por el apoyo técnico brindado para hacer posibles las salidas al campo.

Al M. en C. Juan Carlos Peña Becerril por su ayuda para la elaboración del mapa.

Al Dr. José Alberto Ramos Zapata por las facilidades otorgadas para la realización de las salidas de campo así como al proyecto PRODEP (103.5/12/2122) “Red para el estudio de las interacciones bióticas en México”.

Al Dr. Ernesto Armando Rodríguez de la Administración Escolar del Posgrado, por su trato siempre amable y un trabajo impecable y eficiente a pesar de la carga inmensa de trabajo. Mis respetos.

A todo el personal administrativo del Posgrado en Ciencias Biológicas, quienes con su trabajo, amabilidad y admirable paciencia hicieron posibles los trámites requeridos durante mis estudios.

AGRADECIMIENTOS A TÍTULO PERSONAL

El orden no indica el nivel de importancia, solo que de alguna manera tenía que organizarlos.

A la Dra. Silvia Castillo por la paciencia y tolerancia así como el apoyo siempre brindado durante mi formación académica. Quiero agradecerte los detalles siempre generosos que me has brindado. ¡De verdad mil veces gracias !

A los juveniles discípulos de la Dra. Castillo del H. Laboratorio de Dinámica de Comunidades: Ale, Brenda, Claudia, Jazmín y Adrián. Con hartoo amor a Lety Bonilla y Gus Tovar (el dealer más sano del mundo) por la compañía (después del éxodo masivo de dinámicas) y esos momentos de esparcimiento viendo videos bobos y platicando de mil cosas un poco sin sentido, aunque otras muy enriquecedoras y que me hicieron reír, pero también reflexionar. Gracias por no hacerme sentir menos solita. Quiero reconocer a Gus por la paciencia y tolerancia mostrada al estar “bendito” LoL entre las mujeres. Los quiero hartoo mil. Así mismo quiero agradecer a Nico, Christian y Daniela Medellín de la UADY por su entusiasta apoyo en las salidas al campo.

Con mucho cariño un profundo agradecimiento a Ile, Lety, Gaby, Sam por ser como hermanas confidentes, que momentos platicando de problemas existenciales (o académicos) y demás cosas que pueden ser banales a simple vista, pero enriquecen mucho la estancia en un lugar. Por su agradable presencia en mi estancia en el lab, congresos, seminarios, postres, hora del cafecito, terapia grupal, fiestecitas, viajes y demás momentos compartidos. ♥
Espero que la vida no nos distancie más de lo que lo hizo. Prometo que a la par de mi próxima tesis publicaré en el *International Journal of Good Vibes* el amplio repertorio de frases coloquiales que nacieron en esos momentos de relax en la “cocina”:

“Le invitan un cachito de pan.... Se come toda la pieza” (Pizarro, 2014).

“Si no hubiera chisme, no habría sociedad” (Autor conocido pero evidentemente omitido, 2015).

A esos amigos, que son como las estrellas .. sabemos que están ahí aunque no las veamos:

Los hechos en CU: Ariana Romero, Brenda Murillo, el Inge. Joshi, el Inge. Quim. Memo Pérez.

Les “pouces”: Ilse Torres, Claudia Patrón y Daniela León, gracias por entrar en mi vida en esa “belle époque”. ♥

Las internacionales: Simone Karl, Julie Michl y Lisa Simons.

Los que poco aparecen: Amanda y Tavo.

A mis compañeros de clase los que hice buena interacción y hasta me tomé un trago, omito sus nombres por falta de espacio sin embargo los ubico bien.

Al Prof. Eduardo Jiménez Díaz-Barriga del CELE, por cada una de las provechosas clases y ser un ejemplo de inspiración. Por además de ser profe es un gran amigo.

A mi fauna doméstica y asistentes poco eficientes, Luna, Goyo y Teté por siempre recibirme contentos en la noche, cada ladrido reconforta mi alma, por los peludos recuerdos en mi ropa, la mochila y hasta la lap.

A mí misma, por no dejarme vencer, por echarle ganas, por consentirme, por darme mi pata de perro, por seguir aquí a pesar de los retos que me han tocado, por los cambios positivos, por los errores de los que he aprendido.

A mi madre por todo lo que ha hecho para que de alguna manera este en el lugar que hoy estoy. La vida creo no será suficiente para agradecerte de corazón. A mis hermanas Sarón y Eben, por crecer conmigo y verlas crecer.

A la gloriosa Universidad Nacional Autónoma de México, mi casa alterna estos 10 últimos años, por la tercera oportunidad de ocupar sus aulas y espacios tanto verdes como culturales. Por la oportunidad de conocer tantas personas, cosas, tantos lugares y experiencias. Que orgullo reconozcan que uno viene de la UNAM en el extranjero. Para muchos un amor platónico, para mí un amor correspondido.

¿Extrañarte?... ¡Ni que fueras mi facultad!

¿Esperarte?... ¡Ni que fueras mi título!

¿Necesitarte?... ¡Ni que fueras el BidiUNAM!

¿Perseguirte?... ¡Ni que fueras el pumabus!

¿Sentirte?... ¡Ni que fueras un Goya!

¿Amarte por siempre? ¡Ni que fueras la UNAM!

Por siempre será mi corazón azul y mi piel dorada.

<*Gaudeamus igitur iuvenes dum sumus... Vita nostra brevis est*>

Alegrémonos, pues, mientras somos jóvenes.. Que breve es nuestra vida.
(fragmento del himno *Gaudeamus Igitur*)

“Me produce una gran perplejidad mi completa ignorancia sobre si me estoy dando cuenta de los hechos correctos y si son de suficiente importancia para otros.”
(C. Darwin a Henslow)

Si nosotros no somos nuestros colores, aromas, nuestro pueblo, ¿qué somos?... Nada.
(Frida Kahlo)

Índice

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
SELVA BAJA CADUCIFOLIA EN MÉXICO	3
IMPORTANCIA ECOLÓGICA Y CONSERVACIÓN DE LA SELVA BAJA CADUCIFOLIA	4
LA VEGETACIÓN COMO INDICADOR DE ESTADO DE CONSERVACIÓN	6
SELVA BAJA CADUCIFOLIA DE YUCATÁN	8
ANTECEDENTES	9
RESERVA DE LA BIOSFERA RÍA LAGARTOS	10
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS	13
HIPÓTESIS Y PREDICCIONES	14
MÉTODO	15
TRABAJO DE CAMPO	15
CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN	15
FACTORES EDÁFICOS	15
ANÁLISIS DE DATOS	16
CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA	16
Composición florística	16
Estructura	16
Diversidad	17
FACTORES EDÁFICOS Y LA VEGETACIÓN	17
PROPUESTA DE ESTADO DE CONSERVACIÓN POR SITIO	18
Índice de estado de conservación favorable	18
Índice de Integración de Atributos	19
RESULTADOS	20
CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA	20
COMPOSICIÓN FLORÍSTICA	20
ESTRUCTURA	22
DIVERSIDAD	26
FACTORES EDÁFICOS Y LA VEGETACIÓN	26
PARÁMETROS DE COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA PARA DETERMINAR EL ESTADO DE CONSERVACIÓN	31
ESPECIES ENDÉMICAS	31
ESPECIES PROTEGIDAS	33
RELACIÓN CON FACTORES EDÁFICOS	36
PROPUESTA DE ESTADO DE CONSERVACIÓN POR SITIO	40
Correlación entre variables	40

Índice de Integración de Atributos	41
Índice de estado de conservación favorable	41
DISCUSIÓN	43
CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA RÍA LAGARTOS	43
COMPOSICIÓN FLORÍSTICA	43
ESTRUCTURA	45
Abundancia	45
Área basal	47
Valor de importancia relativa	49
DIVERSIDAD	50
FACTORES EDÁFICOS Y LA VEGETACIÓN	51
PROPUESTA DE ESTADO DE CONSERVACIÓN POR SITIO	53
Endemismo	53
Especies protegidas	54
Índice de estado de conservación favorable	54
Índice de Integración de Atributos	56
Factores edáficos y el estado de conservación	56
CONCLUSIONES	58
BIBLIOGRAFÍA CITADA	60
ANEXOS	73
ANEXO 1. FORMULARIO	73
ANEXO 2. ÍNDICE DE SIMILITUD DE SØRENSEN	75
ANEXO 3. LISTADO FLORÍSTICO DE LA SELVA BAJA CADUCIFOLIA EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA RÍA LAGARTOS	76

RESUMEN

Al norte de la Península de Yucatán, en el extremo oriente de la franja litoral del estado de Yucatán, se localiza la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos, en la cual existe una amplia diversidad de comunidades vegetales, que constituyen hábitat para diversos grupos animales. Entre estos, la selva baja caducifolia destaca por su alta riqueza de especies y el fuerte componente endémico que resguarda. En áreas de protección natural resulta fundamental evaluar el estado de conservación de la comunidad vegetal a través de los atributos de composición, estructura y función de la misma. Contar con datos ecológicos cuantitativos y puntuales que identifiquen y describan la dinámica de las comunidades, permite evaluar la efectividad de estas zonas protegidas, proponer estrategias de manejo más certeras y eventualmente promover la creación de otras nuevas.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el estado de conservación de dos sitios (Cuyo y Ría Lagartos) con comunidad de selva baja caducifolia en la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos, a partir de la identificación de parámetros de estructura y composición. Para este fin, se realizó un muestreo de la vegetación considerando variables como área basal, frecuencia, densidad con los cuales se analizó la riqueza y la abundancia. Se analizó la composición y se calcularon los índices de diversidad de Shannon, similitud de Sørensen y el valor de importancia relativa. Esta información se relacionó a través de análisis multivariados, con variables edáficas como es la cantidad de carbono, materia orgánica, pH y capacidad de intercambio catiónico del suelo.

Se encontró que a través de los parámetros propuestos existe un sitio con mayor grado de conservación. El sitio Ría Lagartos se caracterizó por una alta riqueza y abundancia de especies protegidas y de especies reportadas como características de la selva baja caducifolia, así como un mayor contenido de materia orgánica. Mientras que en éste sitio fue menor la riqueza total de especies, la riqueza y abundancia de especies endémicas e indicadoras de perturbación, así como el valor de área basal.

Se identificó una relación entre la composición y estructura de la vegetación y los variables edáficas como son el contenido de carbono y materia orgánica, así como la capacidad de intercambio catiónico. A mayores valores, se encontró una mayor abundancia de especies endémicas, protegidas y propias de la vegetación de selva baja caducifolia.

Se concluye el grado de conservación es diferente entre los dos sitios y el alto valor de parámetros como es la diversidad, la riqueza de especies, el área basal y la presencia de especies endémicas no implican un mayor estado de conservación.

ABSTRACT

Ría Lagartos Biosphere Reserve is located in the Northeastern coastal strip of the Yucatan Peninsula, in which a wide variety of vegetal communities exists and provide habitat for a vast array of animals groups. In this site, the tropical dry forest stands out due to high species richness and number of endemism. In natural protected areas is essential the assesment of conservation status of vegetal community through attributes such as composition, structure and function. Ecological quantitative data identify and describe the dynamic of communities, allows to evaluate the effectiveness of these protected areas and can formulate more accurate management strategies.

The goal of this study is to evaluate the conservation status of two different sites (Cuyo y Ría Lagartos) of tropical dry forest in the Ría Lagartos Biosphere Reserve, based on the identification of structure and composition parameters. For this purpose the method comprises a characterization of vegetal community considering edaphic variables and structural variables such as basal area, frequency and density. The total richness, Sørensen similarity, Shannon diversity index and the importance value index of species were calculated. The biological data was analyzed through multivariate analysis with edaphic data such as carbon content, organic matter content, pH and cationic exchange capacity.

The results show a site with higher conservation status based on the proposed parameters. The site Ría Lagartos is characterized by a higher richness and abundance of protected species reported as characteristic of tropical dry forest, as well as a high content of organic matter. Simultaneously, in this site the basal area, total richness, the abundance and richness of endemic and disturbance indicator species is lower.

A relationship is identified between composition and structure of vegetation and the edaphic variables such as cationic exchange capacity, carbon and organic matter content. At higher values of these variables, a higher abundance of endemic, protected and characteristic species of tropical dry forest is found.

In conclusión the conservation grade is different between the two sites and the higher values of parameters such as diversity, richness of species, basal area and the presence of endemic species do not imply a higher conservation status.

INTRODUCCIÓN

SELVA BAJA CADUCIFOLIA EN MÉXICO

Las regiones tropicales se asocian principalmente a la vegetación húmeda de la selva alta perennifolia. Sin embargo, la denominada región tropical comprende una amplia variedad de tipos de vegetación, de las cuales destaca la selva baja caducifolia; a la cual se ha dedicado un menor esfuerzo de estudio y protección a pesar de su extensión y de encontrarse en una situación más delicada que la de su contraparte húmeda (Trejo y Dirzo, 2000; Durán *et al.*, 2002; Miles *et al.*, 2006; Quesada *et al.*, 2009).

En la zona tropical de México, la selva baja caducifolia (*sensu* Miranda y Hernández-X, 1963) es el tipo de vegetación predominante, ya que cubre alrededor del 60 % del área total de vegetación tropical (Trejo, 1998; Trejo y Dirzo, 2000; Koleff *et al.*, 2012).

La selva baja caducifolia (SBC) es una comunidad vegetal que se caracteriza por la pérdida casi total del follaje al término de la temporada de lluvias, cuyo estrato arbóreo no suele superar los 15 m de altura, de ahí el nombre de selva baja (Durán *et al.*, 2002). Este tipo de vegetación prospera en sitios con climas secos a subhúmedos que presentan una marcada estacionalidad (6-8 meses sin lluvias) con temperaturas entre los 22- 26 °C y que reciben una precipitación anual de entre 400 y 1300 mm (Miranda y Hernández-X, 1963; Trejo y Dirzo, 2000). En esta formación, los suelos son preferentemente somero pedregosos, con pH de ácido a sutilmente alcalino, bien drenados y por lo común jóvenes (Rzedowski, 1978; Trejo y Dirzo, 2000).

Su distribución es característica de la vertiente del Pacífico, donde se extiende una pequeña parte al sur de la Península de Baja California, así como en una franja continua a lo largo de la costa desde el estado de Sonora hasta los límites de Chiapas con Guatemala, con sus mayores áreas al occidente del estado de Jalisco, así como en la cuenca del río Balsas y Santiago; cuya extensión incluye los estados de Puebla y Morelos. En la vertiente del Golfo de México, se encuentra en áreas discontinuas y aisladas principalmente en las regiones de La Huasteca, el centro de Veracruz y en la Península de Yucatán (Trejo y Dirzo, 2000; Romero-Duque *et al.*, 2007).

La diversidad florística de este tipo de vegetación es alta, particularmente la tipo β , lo que significa que la diferencia en la composición de especies es alta entre sitios, aún dentro de una misma región (Trejo y Dirzo, 2002). La riqueza de especies es importante puesto que existen sitios como es el caso de Chamela (Jalisco, México) que ha sido considerado el sitio más diverso de SBC en el Neotrópico (103 especies en 0.1 ha) (Trejo y Dirzo, 2002; Dirzo *et al.*, 2011). Así mismo, las SBC mexicanas albergan un alto componente endémico en su vegetación, ya que se ha estimado que, a nivel de género, el endemismo está cerca del 25%; mientras que entre 40-60% de las especies presentes en esta selva existen sólo en

México (Trejo y Dirzo, 2000; Trejo y Dirzo, 2002; Challenger y Soberón, 2008), localizadas principalmente en la cuenca del río Balsas, la región noreste del país y la Península de Yucatán (Rzedowski, 1978).

IMPORTANCIA ECOLÓGICA Y CONSERVACIÓN DE LA SELVA BAJA CADUCIFOLIA

La selva baja caducifolia (SBC) ha sido manejada con diferentes propósitos, por ello es innegable su importancia para las poblaciones humanas (Murphy y Lugo, 1995), basta mencionar que en este tipo de vegetación fue donde ocurrió la domesticación del maíz, frijol y papa (Trejo y Dirzo, 2000). El manejo de la SBC responde a: 1) la facilidad de manejo para fines agrícolas debido a la baja altura del dosel, 2) la óptima fertilidad del suelo, ya que existe una menor lixiviación de nutrientes, 3) la fácil ocupación de los terrenos generalmente planos, 4) la marcada estacionalidad que permite el funcionamiento del sistema agrícola basado en cultivos de corto ciclo y 5) el clima seco que limita la transmisión de enfermedades (Sánchez-Azofeifa y Portillo-Quintero, 2011).

Así mismo, ofrece servicios ecosistémicos importantes como el mantenimiento de la biodiversidad, sostenimiento de polinizadores, secuestro de CO₂, control de la erosión y del ciclo hidrológico, así como la provisión de una amplia gama de bienes materiales como madera para la construcción de casas, la elaboración de distintos objetos útiles y de uso como leña, el suministro de frutos y plantas medicinales, animales para autoconsumo, así como la prestación de servicios culturales y recreativos (Trejo y Dirzo, 2000; Meave *et al.*, 2012).

No obstante la importancia de la SBC, dada su amplia extensión en México y peculiares características ecológicas, es el ecosistema tropical más amenazado a causa de actividades humanas tales como la agricultura, ganadería y explotación forestal (Murphy y Lugo, 1986; Gonzáles- Iturbe *et al.*, 2002; Miles *et al.*, 2006; Quesada *et al.*, 2009, Linares-Palomino *et al.*, 2011; Sánchez-Azofeifa y Portillo-Quintero, 2011). La deforestación es provocada, principalmente, por el cambio de uso de suelo para el establecimiento de áreas agropecuarias, seguido de la tala selectiva, el crecimiento de zonas urbanas y la cacería (Quesada *et al.*, 2009). Una evaluación de las causas de deforestación en la SBC del Neotrópico, mostró que las tres principales causas de deforestación en más del 50% de todas las SBC analizadas, son la apertura de terrenos para crianza de ganado, la expansión con fines agrícolas y la tala selectiva (Sánchez-Azofeifa y Portillo-Quintero, 2011). Esta conversión ha sido en parte impulsada por iniciativas gubernamentales que promueven la actividad agropecuaria, ya que perciben las tierras de SBC como improductivas por el hecho de estar secas una parte del año (Quesada *et al.*, 2009).

Por su parte, la ganadería, además de provocar deforestación de la selva, afecta la regeneración de los árboles, pues las plántulas suelen ser consumidas por el ganado; así mismo, el peso del ganado y el constante pisoteo compacta el suelo, lo que dificulta el establecimiento de plántulas, dada la poca oxigenación del mismo (Vázquez-Yanes y Orozco, 1989).

A principios del siglo XXI, para la SBC se estimaba una cobertura de 23 470 314 ha en México, de la cual un 38% se consideraba conservada y el 62% restante como vegetación secundaria bajo diferente grado de perturbación (Challenger y Dirzo, 2009). Mientras que Trejo y Dirzo, en el 2000, calcularon que el 73% de la superficie de esta comunidad se encontraba alterada por alguna actividad humana.

Históricamente, la SBC del estado de Yucatán ha sido manejada, desde hace más de 2000 años, cuando las comunidades mayas practicaron la agrosilvicultura. Posteriormente, en la época de la Colonia, la apertura de áreas de selva para el establecimiento del cultivo de henequén generó un fuerte cambio de uso de suelo (Rico-Gray y García-Franco, 1992; Ceccon *et al.*, 2002). Otro tipo de manejo ha sido la selección en el cultivo de ciertas especies tolerantes al fuego o con algún aprovechamiento económico (Rico-Gray y García-Franco, 1992).

Como consecuencia de estas actividades, se ha modificado la estructura y composición de la vegetación, por lo que las zonas donde subsisten pequeños remanentes de vegetación primaria muestran signos de perturbación (Zamora-Crescencio *et al.*, 2011). Por lo que, se puede afirmar que, casi en su totalidad la vegetación del estado de Yucatán es secundaria y sigue en constante expansión (Rico-Gray y García-Franco, 1992; Gillespie *et al.*, 2000; Trejo y Dirzo, 2000; Ceccon *et al.*, 2002; Zamora-Crescencio *et al.*, 2011). El actual paisaje yucatanense consiste en un mosaico vegetal compuesto por zonas deforestadas bajo algún tipo de uso, zonas en algún estado de sucesión debido al abandono y escasos remanentes de selva relativamente conservada, estos últimos se asocian más a vegetación secundaria en fase muy avanzada (Kalacska *et al.*, 2004; Urquiza-Haas *et al.*, 2007).

A pesar de esta dinámica, la SBC del estado de Yucatán se caracteriza como una región florística con una riqueza moderada, sin embargo, su importancia radica en la alta cantidad de especies endémicas dentro de las comunidades vegetales; resultado del efecto del aislamiento geográfico con respecto a otras zonas del continente. Las zona de mayor endemismo se han reportado en la zona seca del Norte y dos en la húmeda al Sur del estado (Ibarra-Manríquez *et al.*, 2002).

ESTADO DE CONSERVACIÓN

En México, el 9.3% del territorio nacional se encuentra bajo algún tipo de protección (Arriaga-Cabrera *et al.*, 2009) dentro de las 176 ANP decretadas, que ocupan un total de 25 617 251 ha (CONAP, 2015); en donde se protegen diversos ecosistemas tanto terrestres como marinos. Cabe destacar que de las 52 comunidades vegetales reportadas en México por el INEGI, 25 de ellas se encuentran representadas en alguna ANP; siendo el manglar, la selva alta subperennifolia, los petenes, la pradera de alta montaña y el bosque de oyamel los ecosistemas con mayor área destinada a protección (Arriaga-Cabrera *et al.*, 2009). Los 27 restantes, se encuentran en menos del 10% del total de su superficie representada en las ANP's, en los que se incluye la selva mediana subcaducifolia, la selva baja caducifolia y la selva baja espinosa caducifolia (Arriaga-Cabrera *et al.*, 2009). En este sentido, del total de superficie protegida, la selva baja caducifolia ocupa aproximadamente 826 513 ha, lo que significa que se protege cerca de un 3.22% de este ecosistema (Bezaury-Creel y Gutiérrez-Carbonell, 2009).

En el estado de Yucatán, existen doce ANP de las cuales una es de jurisdicción municipal (Reserva Cuxtal), siete estatales (Reserva Estatal El Palmar, Reserva Estatal de Dzilam, Parque Estatal Lagunas de Yalahu, Parque Nacional Dzibilchaltún, Parque Estatal de Kabah, Reserva Estatal de Humedales y Manglares de la costa norte de Yucatán y el Área Natural Protegida de valor Escénico, Histórico y Cultural de San Juan Bautista Tabi y Anexa Sacnité) y cuatro de administración federal (Parque Nacional Arrecife Alacranes, Área de Protección de Flora y Fauna Punta Laguna Otoch Ma'ax Yetel Koo, Reserva de la Biosfera Ría Celestún y la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos). Que en total abarcan una superficie de 340,475.77 ha, que representa el 8.6 % de la superficie estatal (Ruiz-Barranco y Arellano-Morín, 2010; CONAP, 2015).

LA VEGETACIÓN COMO INDICADOR DE ESTADO DE CONSERVACIÓN

En la actualidad, la pérdida de diversidad biológica¹ es un proceso innegable el cual es resultado de la deforestación asociada al cambio de uso de suelo y la contaminación terrestre y acuática. Ante esta situación, se ha propuesto métodos teórico-prácticos para evaluar el impacto de las actividades humanas sobre los ecosistemas y proponer estrategias para preservar parte de ésta diversidad (Monroy-Vilchis, 2003; Primack, 2012).

La evaluación del estado de conservación de los ecosistemas requiere, en primer lugar de inventarios de la biodiversidad, ya que esto permite determinar la naturaleza y

¹ Variedad de formas de vida, sus interacciones entre sí y con el medio abiótico.

distribución de los recursos de una región, provee datos sobre la distribución de las especies e indica el potencial como hábitat para otros organismos; información fundamental para el diseño de estrategias de manejo y conservación (Sagar *et al.*, 2003; Newton, 2007; Carboni *et al.*, 2009; Lopez-Toledo *et al.*, 2012). Cabe aclarar que el concepto “conservado” se refiere a la condición de un lugar el cual no ha sufrido disturbio, en comparación a aquél sitio que se ha visto expuesto a actividades antropogénicas (Martínez, 2004).

En el caso de la evaluación de la vegetación, ésta debe ir más allá del simple conteo de especies, por lo que se tiene que prestar mayor atención a la identidad; es decir, a la composición, ya que con ello se puede identificar mucha información de tipo biológica que permite conocer una parte de la dinámica de la comunidad (Sagar y Singh, 2006; Márquez-Guzmán *et al.*, 2013). La información obtenida durante este proceso posteriormente, se puede aplicar en propuestas de la descripción de indicadores de conservación (Newton y Kapos, 2002; Santibáñez-Andrade *et al.*, 2015).

Diversos métodos se basan en el análisis de la vegetación a nivel de comunidad, bajo este enfoque el uso de especies como indicadores o parámetros como la riqueza de especies, la diversidad, área basal y abundancia, permiten evaluar el estado de conservación (Dahdouh-Guebas y Koedam, 2006; Carboni *et al.*, 2009; Helm *et al.*, 2015; Zobel, 2015). Se ha propuesto que para la determinación de conservación en un ecosistema debe considerarse tres atributos de la biodiversidad: la composición, la estructura y la función (Newton y Kapos, 2002; Oliver, 2002). La composición se refiere a la identidad y variedad de elementos, la estructura hace referencia a la organización física de sus elementos; mientras que la función involucra procesos ecológicos y evolutivos (Oliver, 2002). De la composición, se considera la identidad de las especies, así como su riqueza, diversidad y valor de importancia relativa; en este rubro, la identificación de especies raras, endémicas, vulnerables y protegidas es de importancia para la evaluación de la vegetación (Keel *et al.*, 1993; Fleishman *et al.*, 2006). Como variables estructurales, se contempla la cobertura, densidad y área basal para el estrato arbóreo y sotobosque, considerando las especies nativas y exóticas. En la literatura se ha considerado que un valor alto de esta variable es indicador de sitios que han sido menos expuestos a disturbios recientes, lo que ha permitido una mayor acumulación de biomasa (González-Iturbe *et al.*, 2002; Sagar y Singh, 2006). Mientras la función considera como una de las variables indicadoras la biomasa, que permite estimar la madurez de la vegetación (Keel *et al.*, 1993; Harris y Hobbs, 2001; Oliver, 2002; Newton y Kapos, 2002; Parkes *et al.*, 2003).

En este sentido, el uso de la riqueza total de especies como indicador base del estado de conservación, ha sido ampliamente usado en estudios ecológicos y planes de conservación; sin embargo, al ser solamente un valor no distingue especies nativas, introducidas y endemismo, además de ser sensible al área e intensidad de muestreo (Fleishman *et al.*, 2006). Por, ello, Helm *et al.* (2015) propusieron el Índice de Estado de Conservación Favorable, el cual estipula que la biodiversidad total de una determinada

comunidad debe considerarse como resultado de un proceso histórico que involucra un *pool* de especies hábitat-específicas y otras no propias de la comunidad. Por ello, al estudiar la biodiversidad se debe analizar la diversidad característica y la derivada, permitiendo así, visualizar el efecto humano reciente e histórico en la estructuración de las comunidades.

Para lograr una evaluación del estado de conservación potencialmente exitosa, la integración de datos de riqueza de especies y composición con información de las historias de vida, permite obtener conclusiones más cercanas a la realidad (Fleishman *et al.*, 2006).

SELVA BAJA CADUCIFOLIA DE YUCATÁN

La selva baja caducifolia (SBC), que en lengua maya es conocida como *koo k'aax o koolche'* (monte que tira sus hojas) (Carnevali *et al.*, 2010), es la comunidad vegetal mejor representada en Yucatán, ya que abarca una extensión aproximada de 181 158.20 ha, que equivale a cerca del 4.6% de la superficie estatal (3 952 400 ha), y que junto a la selva mediana subcaducifolia, definen la vegetación yucatanense (Durán-García y García-Contreras, 2010).

Se distribuye de forma discontinua desde la parte nororiente del estado, hasta la parte norte que colinda con el estado de Campeche (Flores-Guido *et al.*, 2010), estableciéndose en terrenos planos, formados de superficiales lajas de origen calizo en donde se acumula un suelo escaso y somero de color oscuro (Miranda, 1958).

Dentro de la vegetación, en el estrato arbóreo la familia mejor representada es Fabaceae y sobre este estrato se establecen epífitas de las familias Orchidaceae y Bromeliaceae. En el estrato herbáceo, predominan las familias Euphorbiaceae, Poaceae y Asteraceae; aunque, también forman parte lianas leñosas de la familia Bignoniaceae, así como trepadoras y bejucos de las familias Fabaceae, Convolvulaceae y Cucurbitaceae (Flores-Guido *et al.*, 2010).

Dentro de la composición de la SBC suelen encontrarse elementos cactáceos columnares cuya presencia define la selva baja caducifolia espinosa. Esta variante de SBC domina en la zona norte, en un área paralela a la costa que circunda los humedales desde la región de Sisal hasta la zona de Ría Lagartos y se ha reportado como una zona con altos niveles de endemismo, así como de biodiversidad (Schultz, 2005; Leireana-Alcocer *et al.*, 2009; Durán-García y Méndez-González, 2010; Lopez-Toledo *et al.*, 2012). Varias de estas especies de cactáceas se encuentran reportadas como endémicas del estado de Yucatán, hecho que le confiere importancia a nivel biogeográfico y ecológico (Miranda, 1958; Chiappy-Jhones *et al.*, 2001). Por ejemplo, *Pterocereus gaumeri* es una especie de cactus columnar endémica para México y en vías de extinción; así mismo, *Mammillaria gaumeri* (conocido como cubanito) es una especie catalogada en peligro de extinción, cuya

distribución es microendémica (NOM-059-SEMARNAT-2010 n.d.). Otras especies de cactáceas representativas son: *Cephalocereus gaumeri*, *Nopalea gaumeri*, *Pilosocereus gaumeri* y *Acanthocereus tetragonus* (Miranda, 1958; PCyMRBRL, 2007; Carnevali *et al.*, 2010; Durán-García y Méndez-González, 2010; Flores-Guido *et al.*, 2010).

ANTECEDENTES

A nivel global, la información disponible sobre vegetación tropical es bastante heterogénea, ya que el mayor número de trabajos que evalúan este tipo de vegetación se concentran en selvas húmedas (Mooney *et al.*, 1995; Durán *et al.*, 2002).

Sin embargo, existe una considerable cantidad de trabajos, entre los que se destacan Sagar *et al.* (2003), quienes evaluaron diversos sitios de SBC en la India para determinar el impacto de diferentes grados de perturbación en la composición y diversidad de especies vegetales, y encontraron que la riqueza de especies, su equitatividad y el valor de área basal disminuyen a mayor grado de disturbio; así mismo, el cambio en la composición de especies se explicó por la intensidad del disturbio y la cantidad de nitrógeno en el suelo. Así mismo, Sagar y Singh (2006), examinaron la relación entre el área basal y la diversidad en sitios bajo disturbio. En la zona del Neotrópico, específicamente en países como Costa Rica, Bolivia, Puerto Rico, Colombia y Bolivia, diversos estudios se han realizado en SBC bajo diferentes enfoques como la descripción de la vegetación y el análisis de cronosecuencias. Por citar algunos, Kennard (2002), describió procesos de sucesión en una cronosecuencia de terrenos abandonados en Bolivia. Gillespie *et al.* (2000) compararon los niveles de riqueza y su relación con variables ambientales en SBC de Nicaragua y Costa Rica. En Costa Rica, Kalascska *et al.* (2004) analizaron la composición florística, la diversidad y riqueza de especies en diferentes fases de regeneración de SBC y su relación con el uso de suelo previo.

Para México destaca el ampliamente el trabajo realizado por Trejo y Dirzo (2002) en el cual se describe la magnitud de la diversidad y su relación con variables climáticas en este tipo de vegetación en 20 sitios dentro del país, así como el estudio en el cual analizan el proceso de deforestación a nivel nacional y local (Trejo y Dirzo, 2000). En México, la información existente respecto a la SBC proviene principalmente de ciertos sitios como la región de Chamela que ha sido la más estudiada (Lott, 1985; Balvanera *et al.*, 1999; Durán *et al.*, 2002) o la región de Oaxaca (Pérez-García *et al.*, 2001; Gallardo-Cruz *et al.*, 2005; Lebrija-Trejos, 2009). En la zona de la Península de Yucatán específicamente para el estado de Yucatán, destacan diferentes listados de la vegetación como los de Durán y Olmsted (1990), Durán *et al.* (1998), Durán *et al.* (1999), Durán *et al.* (2000), y el de Durán-García y Méndez-González (2010). Otros estudios en la Península, se han enfocado en analizar la diversidad, estructura y composición de la SBC (Rico-Gray *et al.*, 1988; Díaz-Gallegos *et al.*, 2002; Schultz, 2003; Benavides, 2007; Lopez-Toledo *et al.*, 2012; Dzib-Castillo, 2014).

La mayoría de los trabajos realizados en la Península de Yucatán, documentan el cambio en la estructura de la vegetación asociado a las diferentes fases de la sucesión y al impacto generado por actividades humanas (Rico-Gray *et al.*, 1988; Rico-Gray y García-Franco, 1992; Flores y Espejel, 1994; Mizrahi *et al.*, 1997; Chiappy-Jhones *et al.*, 2001; Cecon *et al.*, 2002; Gonzáles-Iturbe *et al.*, 2002; Carnevali *et al.*, 2003; White y Hood, 2004; Romero-Duque *et al.*, 2007; Urquiza-Hass *et al.*, 2007; Leireana-Alcocer *et al.*, 2009; Gutiérrez-Granados *et al.*, 2011; Hernández-Stefanoni *et al.*, 2011; Zamora-Crescencio *et al.*, 2011), así como también la relación de la comunidad vegetal, respecto a su edad, con las condiciones del suelo (Cecon *et al.*, 2002).

Dentro del estado de Yucatán, la reserva de la biosfera Ría Lagartos a pesar de su estatus de protección y valor ecológico, no cuenta con suficientes estudios que permitan evaluar su estado de conservación. Los trabajos realizado se han enfocado en la interacción planta-polinizador como son abejas, murciélagos y aves (Contreras-Acosta, 1998; Peña-Tun, 2013; Van Berkum, 2013); mientras que los estudios botánicos se han orientado a estudiar la dinámica poblacional de ciertas especies, así como la interacción mutualista hongo micorrizógeno arbuscular con plantas (Ferrer-Cervantes, 2004; Ramírez-Viga, 2011).

RESERVA DE LA BIOSFERA RÍA LAGARTOS

La reserva de la biosfera Ría Lagartos (RBRL), se ubica al noreste del estado de Yucatán, ocupa una superficie total de 60 348.00 ha, abarcando parte de los municipios de Río Lagartos, San Felipe y Tizimín (Fig. 1)

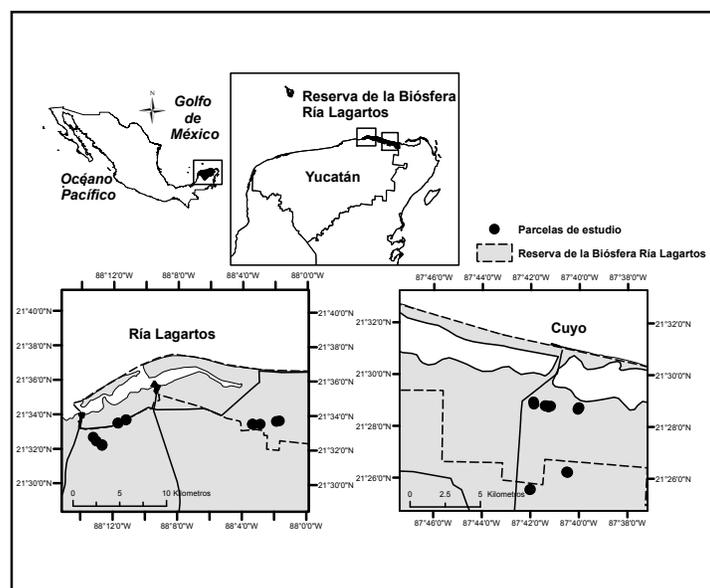


Figura 1. Localización geográfica de la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos, Yucatán, México.

El suelo es de origen calizo, con un relieve plano, que presenta filtración a través de la roca lo que permite un flujo de aguas subterráneas a través de un sistema compuesto por grutas y cenotes, por lo que las corrientes superficiales de agua son ausentes (PCyMRBRL, 2007).

Dentro de la reserva, se han reportado dos tipos de clima: BSo (h') w(x') iw'', el más seco de los áridos y Ax'(wo) iw'', el más seco de los cálidos húmedos. El primero, se ha reportado en la región de Ría Lagartos, cuya temperatura media del mes más frío es mayor a 18 °C y la temperatura media anual es mayor a los 22 °C. A lo largo del año, se presentan lluvias intensas, aunque poco frecuentes, con una precipitación total al año de 616.4 mm; siendo el mes más seco y lluvioso abril y septiembre, respectivamente. Mientras que el segundo tipo, el más seco de los cálidos húmedos, se encuentra hacia la región del Cuyo, donde la temperatura media anual es mayor a los 22 °C y la temperatura más fría es de 18 °C; la precipitación anual total es de 713.6 mm, siendo abril el mes más seco y septiembre el más lluvioso (PCyMRBRL, 2007).

En conjunto, la peculiaridad climática y el sustrato, así como otros factores geográficos como el relativo aislamiento, generan dentro de la RBRL un complejo mosaico de comunidades vegetales terrestres y acuáticas como son: manglares, dunas costeras, pastizales inundables, petenes, selva mediana subperennifolia/subcaducifolia y selva baja caducifolia, espinosa e inundable (PCyMRBRL, 2007; Flores-Guido *et al.*, 2010).

Para la RBRL se han reportado más de 715 especies vegetales, de las 2575 registradas para la Península de Yucatán, de las cuales 16 se encuentran listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, ocho de ellas en la categoría de amenazadas y otras ocho bajo protección especial. Del mismo total de la flora de la RBRL, 16 especies se reportan en el listado CITES; 63 tienen registro de endémicas de la Península de Yucatán y 203 se consideran de uso tradicional a nivel regional (PCyMRBRL, 2007).

La importancia ecológica de la RBRL, radica en la amplia diversidad de comunidades vegetales que fungen como hábitat de un gran número de especies de mamíferos, reptiles y aves. Es por ello que la RBRL, además del estatus de protección nacional, cuenta con diversas distinciones de carácter internacional como ser el primer sistema de humedales mexicano inscrito en el listado RAMSAR y, posteriormente, en 2004 la UNESCO aprobó su inclusión en el programa Hombre y Biosfera (MaB por sus siglas en inglés). Así mismo, la RBRL es reconocida como un área de importancia para la conservación de aves, ya que sus diversos ecosistemas constituyen hábitats de aves residentes, así como para migratorias. De tal manera, se considera una zona crítica para la anidación del flamenco rosa del Caribe y reproducción de otras 280 especies de aves (PCyMRBRL, 2007).

No obstante, desde antes de su establecimiento hasta la actualidad, la RBRL ha experimentado una constante presión generada por diferentes actividades como son los incendios, la apertura de caminos y zonas agropecuarias, la extracción de recursos forestales, la industria salinera, las actividades turísticas así como el crecimiento urbano; las cuales han provocado considerables impactos sobre los diferentes ecosistemas. La ganadería, principalmente vacuna, es la principal generadora de impactos, ya que requiere desmonte de áreas de selva, con la consecuente reducción del hábitat natural; factor crítico para el mantenimiento de especies en peligro de extinción o bajo protección (Rodríguez-Zúñiga, 2000; PCyMRBRL, 2007). La ganadería, como actividad productiva, representa varios problemas, ya que alimentar ganado sobre suelos con alta pedregosidad requiere el desmonte de 2 ha de selva por cabeza de ganado, lo que representa un costo muy alto, ya que el rendimiento no es del todo satisfactorio. Así mismo, derivado del desmonte y la acción de los animales, la composición de la vegetación cambia hacia especies espinosas poco palatables al ganado; además de que el pisoteo constante endurece el suelo, lo que limita el establecimiento de la vegetación (Ceccon *et al.*, 2002). En cuanto a la agricultura, ésta tiene poco impacto ya que se practica bajo el sistema de milpa (DOF, 2000).

La SBC en Ría Lagartos, ocupa alrededor de un 10% del área total de la RBRL, con un estado de conservación que se reporta como excelente en su mayor parte; aunque, con evidencia de afectaciones en algunos sitios (PCyMRBRL, 2007).

Se han reportado como parte de la flora representativa de la SBC, a especies como: *Metopium brownei*, *Ceiba aesculifolia*, *Cordia dodecandra*, *Bursera simaruba*, *Cephalocereus gaumeri*, *Pterocereus gaumeri*, *Nopalea gaumeri*, *Leucaena leucocephala*, *Haematoxylon campechianum*, *Caesalpina gaumeri*, *Beaucarnea pliabilis*, *Brosimum alicastrum*, *Plumeria obtusa*, *Plumeria rubra* y *Guaiacum sanctum* (PCyMRBRL, 2007).

Los endemismos dentro de la RBRL, son un elemento ecológico que destaca, dado que las condiciones abióticas y geográficas del área como es un sustrato calizo joven, la ausencia de corrientes de agua superficiales y el gradiente de temperatura y precipitación, generan condiciones únicas para albergar especies endémicas de la Península de Yucatán (Leirana-Alcocer *et al.*, 2009; Carnevali *et al.*, 2010). Cabe señalar que, dada su ubicación al norte del estado, dentro de la RBRL se establece la variante de SBC con presencia de cactáceas candelabriformes y globosas; entre ellas especies como: *Cephalocereus gaumeri*, *Pilosocereus gaumeri*, *Pterocereus gaumeri*, *Mammillaria gaumeri* y *Nopalea gaumeri* (PCyMRBRL, 2007).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS

La Reserva de la Biosfera Ría Lagartos (RBRL), al igual que otras áreas protegidas, pese a su estatus de protección tanto nacional como internacional, se ha visto afectada por diversos disturbios antropogénicos, los cuales han generado cambios en el funcionamiento, la estructura y composición dentro de la reserva (Hansen y DeFries, 2007; PCyMRBRL, 2007).

Un primer paso para la evaluación del estado de conservación es la descripción de la comunidad vegetal, a través de variables estructurales y su composición (Sagar y Singh, 2006; Márquez-Guzmán *et al.*, 2013; Santibáñez-Andrade *et al.*, 2015). Hecho que toma mayor relevancia si se considera que la RBRL es una región de alta importancia ecológica, la cual requiere de un monitoreo para evaluar su efectividad como zona destinada a la conservación. Sin embargo, pese a la importancia de esta zona, la información disponible sobre vegetación se limita a listados y no existen estudios que exploren cuantitativamente la estructura y composición de la misma.

Por ello, el objetivo principal de este trabajo es evaluar el estado de conservación de dos sitios con comunidad de selva baja caducifolia en la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos, a partir de la identificación de métricas de estructura y composición.

De este derivan, como objetivos particulares: 1) describir la riqueza, abundancia, composición de cada sitio, 2) evaluar el estado de conservación a través de métricas como es la riqueza/abundancia de especies protegidas y endémicas y el área basal por sitio, 3) identificar si existe una relación entre factores edáficos y la comunidad vegetal.

HIPÓTESIS Y PREDICCIONES

Las diferencias en el estado de conservación, se reflejan en la composición y estructura de la comunidad vegetal. Dado que los sitios con mayor grado de conservación, al verse menos expuestos a disturbio, tienen condiciones más favorables para el establecimiento de especies propias de la SBC; así como de especies endémicas y bajo algún estatus de protección, de la misma forma resguardan, un mayor número de especies y acumulación de biomasa.

El mejor estado de conservación se identificará por:

1. Una riqueza y abundancia mayor de especies protegidas.
2. Una riqueza y abundancia mayor de especies endémicas.
3. Una mayor riqueza y abundancia de especies reportadas como características de la vegetación de selva baja caducifolia.
4. Un mayor área basal.
5. Una menor riqueza y abundancia de especies indicadoras de perturbación.
6. Mayor cantidad de factores del suelo asociados a la fertilidad, como es el contenido de materia orgánica.

MÉTODO

TRABAJO DE CAMPO

CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN

Dentro de la reserva de la biosfera Ría Lagartos (RBRL) se seleccionaron dos sitios: Cuyo y Ría Lagartos (Fig. 1). En cada sitio, se establecieron 16 parcelas al azar de 10 x10 m (1600 m²), separadas por una distancia entre 200 m y un kilómetro; teniendo un total de 32 parcelas (3200 m² o 0.32 ha). En cada parcela, se evaluaron todos los individuos arbóreos enraizados dentro de la misma; el estrato arbóreo se definió como todos aquellos árboles mayores a 3 m de alto, con un perímetro a la altura del pecho (PAP) (a 1.30 m del suelo) mayor a 2 cm y cuya ramificación comenzara por lo menos a 1 m del suelo (Rzedowski, 1978; Leireana-Alcocer *et al.*, 2009). Se establecieron cuatro cuadros de 3 x 3m en las esquinas de cada parcela, para el estrato arbustivo, el cual se definió como aquellos individuos que ramifican a nivel del suelo.

Para cada individuo del estrato arbóreo se registró: 1) perímetro a la altura del pecho (PAP), 2) altura total, y 3) cobertura de la copa (diámetro mayor y su perpendicular). Para los individuos policaulescentes (con más de un tronco), se sumó el PAP de cada tronco para obtener el PAP total. Mientras que en el estrato arbustivo se registró: 1) altura total, 2) cobertura (diámetro mayor y su perpendicular).

FACTORES EDÁFICOS

Suelo. En cada parcela se colectaron muestras combinadas de los primeros 10 centímetros de suelo para la determinación del contenido de materia orgánica (procedimiento AS-07, método de Walkley y Black), capacidad de intercambio catiónico, pH (procedimiento AS-02, método electrométrico) así como el contenido de fósforo disponible (procedimiento AS-11, método de Olsen) y carbono; estas metodologías descritas en la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. Los análisis fueron realizados por el Dr. Hector Estrada Medina en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Agua del Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Yucatán.

ANÁLISIS DE DATOS

CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA

COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

En campo se identificó y se asignó a cada individuo una identidad, la cual, fue verificada posteriormente con ejemplares del herbario “Alfredo Barrera Marín”, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán. Con esta información, se generó un listado bajo el sistema de clasificación APG III (Angiosperm Phylogeny Group, por sus siglas en inglés). Para la identificación de especies bajo algún tipo de protección, se utilizó la NOM-059-SEMARNAT-2010, y para la identificación de especies endémicas, se usaron los listados de Durán *et al.* (1998) y de Carnevali *et al.* (2010).

ESTRUCTURA

Para el análisis y descripción de la vegetación a nivel de sitio, se calcularon las siguientes variables estructurales (*ver* Formulario):

ÁREA BASAL

Superficie de una sección transversal del tallo o tronco de un individuo a determinada altura del suelo, que expresa el espacio ocupado por el tronco. En los individuos arbóreos, la medición es a 1.3 m del suelo; mientras que en las hierbas y arbustos que ramifican desde la base, la medición se toma a la altura del suelo (Matteucci y Colma, 1982).

COBERTURA

Se define como la proporción de terreno que el individuo cubre por la proyección perpendicular de las partes aéreas (Magurran, 1988).

FRECUENCIA

Probabilidad de encontrar uno o más individuos en una muestra particular. Se muestra como un porcentaje del número de muestras en las que el atributo aparece, en relación al total de muestras (Matteucci y Colma, 1982).

DENSIDAD

Número de individuos de una especie presentes en un área determinada (Matteucci y Colma, 1982).

VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA (VIR)

Es un índice estructural que jerarquiza y evalúa la importancia de cada especie dentro de la comunidad. Se obtiene a través de la sumatoria de los valores relativos de cobertura, densidad y frecuencia de cada especie; alcanza un valor máximo de 300, ya que al utilizar datos cuantitativos puede ser analizado estadísticamente (Matteucci y Colma, 1982) (*ver* Formulario). El VIR se calculó para cada especie a nivel de parcela y sitio.

DIVERSIDAD

Para calcular la diversidad de cada especie en cada sitio, se utilizó el índice de Shannon-Wiener y su equitatividad (*ver* Formulario). Para determinar si existían diferencias significativas entre sitios, se realizó una prueba de t (Zar, 2010); mientras que para calcular la similitud florística entre sitios (diversidad β), se analizó con el coeficiente de Sørensen (*ver* Formulario 2), el cual relaciona el número de especies en común con respecto a todas las especies encontradas en los dos sitios: adquiere valores entre 0 y 1; siendo el valor de la unidad indicador de sitios idénticos y 0 de sitios totalmente diferentes, sin presentar especies en común (Magurran, 1988). Ambos tipos de diversidad se calcularon por medio del programa EstimateS versión 9.1.0 (Colwell, 2013).

FACTORES EDÁFICOS Y LA VEGETACIÓN

Análisis de especies indicadoras de dos vías

El análisis de especies indicadoras de dos vías (TWINSPAN, por sus siglas en inglés; Hill, 1979, Gauch y Whittaker, 1981) es un análisis de clasificación que agrupa las especies y las unidades de muestreo, generando grupos que resumen la variación dentro de la composición de especies. Como resultado se generó un dendrograma en un gradiente de dominancia tanto de las especies como de los sitios muestreados (McCune y Grace, 2002). Para este análisis, se elaboró una matriz con datos de área basal y otra con valores de importancia relativa en cada una de las parcelas muestreadas y con el programa PC-ORD versión 5.1 (McCune y Mefford, 2006), se obtuvo la clasificación de los datos para determinar la similitud entre parcelas en cuanto a la composición de especies.

Análisis de correspondencia sin tendencia

El análisis de correspondencia sin tendencia (Detrended Correspondence Analysis, DCA por sus siglas en inglés; Hill y Gauch 1980), ordena las especies y unidades de muestreo simultáneamente y las muestra gráficamente en un diagrama de dos ejes (McCune y Grace, 2002). Este análisis se realizó con los valores de área basal de las especies

presentes en cada parcela, a través del programa PC-ORD versión 5.1 (McCune y Mefford, 2006).

Análisis de correspondencia canónico

Con el fin de evaluar las variables abióticas que explican las diferencias en la composición de la vegetación, así como interpretar su grado de influencia, se realizó un análisis de correspondencia canónico (Canonical Correspondence Analysis, CCA por sus siglas en inglés; ter Braak 1986, 1994, 1995; Palmer, 1993) (McCune y Grace, 2002).

Para este análisis, se realizaron dos matrices de datos, una con datos de las variables como son las características del suelo por parcela (contenido de materia orgánica (MO), pH (pH), capacidad de intercambio catiónico (CIC), contenido de carbono (C) y contenido de fósforo (P), y una segunda matriz con datos de los valores de importancia relativa de las especies en cada parcela. Este análisis se realizó a través del programa PC-ORD versión 5.1, usando el método de Hill y se usaron permutaciones de Monte Carlo para determinar si los resultados obtenidos fueron estadísticamente significativos ($p < 0.05$) (McCune y Mefford, 2006).

PROPUESTA DE ESTADO DE CONSERVACIÓN POR SITIO

Para identificar el estado de conservación de cada sitio, además de los análisis antes mencionados, se realizó una correlación de Spearman con el programa PC-ORD versión 5.1 (McCune y Mefford, 2006) entre variables de conservación; así mismo, se utilizaron índices que contemplan variables de estructura y composición.

ÍNDICE DE ESTADO DE CONSERVACIÓN FAVORABLE

Cuantificar la diversidad total puede llevar a conclusiones erróneas sobre la condición del hábitat y su estado de conservación, ya que no permite visualizar patrones de diversidad. Helm *et al.* (2015), propusieron que el estudio de la diversidad de especies como métrica para evaluar el estado de conservación debe calcularse a través de la siguiente fórmula:

$$\text{IECF} = \log (\text{diversidad característica} / \text{diversidad derivada})$$

Diversidad característica se refiere al número de especies hábitat-específicas.

Diversidad derivada se refiere al número de especies que no son hábitat-específicas, entre ellas se consideran las introducidas sean exóticas o nativas.

Obtiene valores entre $-\infty$ y $+\infty$, pero cuando el IECF es menor a cero, se asume que la diversidad característica constituye menos de la mitad del total de la diversidad.

Para definir las especies características se tomo como referente el listado de especies vegetales del vigente Programa de Conservación y Manejo de la Reserva de la

Biosfera Ría Lagartos (PCyMRBRL, 2007) y el Listado Florístico de la Reserva de Ría Lagartos (Durán *et al.*, 1999).

ÍNDICE DE INTEGRACIÓN DE ATRIBUTOS

Se propone el uso de un índice para evaluar el estado de conservación, basado en los parámetros que se consideran indicadores, como: 1) el número de especies protegidas y 2) su abundancia, 3) el número de especies endémicas y 4) su abundancia y 5) el área basal; cuyos datos se promediaron a nivel de parcela. Este método evaluó el estado de conservación bajo el supuesto que a mayor valor es mayor el estado de conservación y por ende, un bajo estado de conservación se atribuye a un menor valor.

RESULTADOS

CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA

COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

Dentro del área total muestreada (3200 m²), se identificaron 1442 individuos pertenecientes a 131 especies, correspondientes a 107 géneros y a 47 familias. La familia Fabaceae fue la mejor representada con un total de 25 especies, seguida por las familias Euphorbiaceae y Malvaceae, con 10 y nueve especies, respectivamente. Por debajo de éstas, se encontraron las familias Cactaceae, Boraginaceae, Polygonaceae, Rubiaceae, Acanthaceae, Arecaceae, Asteraceae, Bignoniaceae, Sapindaceae, Apocynaceae, Capparaceae, Malpighiaceae, Sapotaceae, Lauraceae, Poaceae, Rhamnaceae, Theophrastaceae, Verbenaceae y Ebenaceae. Las 25 familias restantes fueron representadas por una sola especie.

En el sitio Cuyo se identificaron 90 especies de 76 géneros pertenecientes a 38 familias, las familias más abundantes fueron Fabaceae, Euphorbiaceae, Malvaceae, Polygonaceae y Arecaceae.

En el sitio Ría Lagartos se encontraron 84 especies de 71 géneros pertenecientes a 33 familias. Las familias más abundantes fueron Fabaceae, Malvaceae, Cactaceae, Euphorbiaceae y Rubiaceae. En la Figura 2 se muestran las familias que abarcaron el 50 % de las especies en cada sitio.

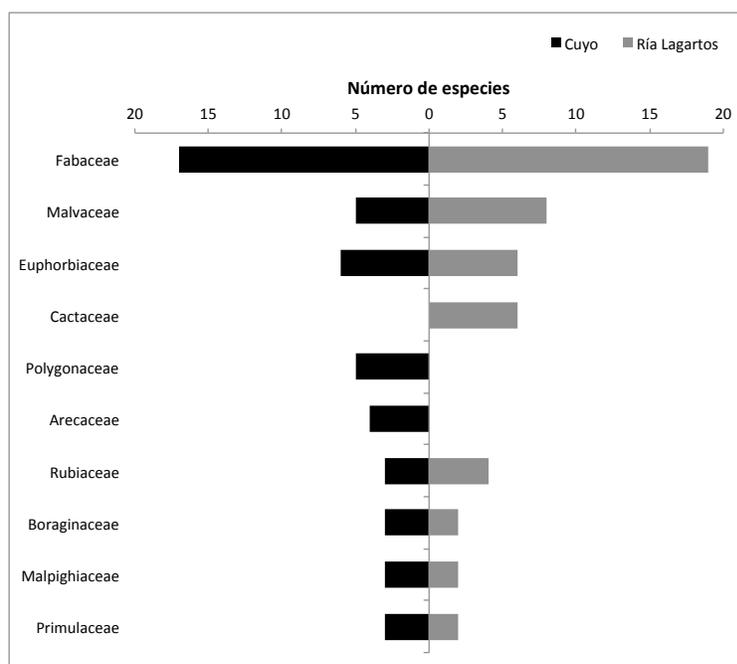


Figura 2. Distribución del número de especies de las familias mejor representadas en el sitio Cuyo y Ría Lagartos en la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos.

Del total de especies registradas, 13 (10%) son endémicas para la Península de Yucatán (Cuadro 1). Del mismo total, cuatro especies se encuentran dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, siendo una endémica de la Península de Yucatán (Cuadro 2).

Cuadro 1. Especies vegetales endémicas de la Península de Yucatán registradas en este estudio.

<i>Bourreria pulchra</i> (Millsp.) Greenm
<i>Caesalpinia yucatanensis</i> (Britton & Rose) Greenm.
<i>Crossopetalum gaumeri</i> (Loes.) Lundell
<i>Diospyros anisandra</i> S.F. Blake
<i>Havardia albicans</i> (Kunth) Britton & Rose
<i>Lonchocarpus yucatanensis</i> Pittier
<i>Neomillspaughia emarginata</i> (H. Gross) S.F. Blake
<i>Nopalea gaumeri</i> Britton & Rose
<i>Nopalea inaperta</i> Schot ex.Griffiths
<i>Pterocereus gaumeri</i> (Britton & Rose) Th. MacDoug. & Miranda
<i>Randia longiloba</i> Hemsl.
<i>Randia truncata</i> Greenm. & C.H. Thomps
<i>Ziziphus yucatanensis</i> Standl.

Cuadro 2. Especies vegetales protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010

Espece	Estatus
<i>Beaucarnea pliabilis</i> (Baker) Rose	A
<i>Guaiacum sanctum</i> L.	A
<i>Pterocereus gaumeri</i> (Britton & Rose) Th. MacDoug. & Miranda	Pr
<i>Thrinax radiata</i> Lodd. Ex Schult. & Schult f.	A

Donde: A Amenazada y Pr Protegida

ESTRUCTURA

ABUNDANCIA

En el sitio Cuyo se identificaron 797 individuos de 90 especies pertenecientes a 38 familias. Las especies con mayor número de individuos fueron *Bravaisia berlandieriana*, *Erythroxylum confusum*, *Guazuma ulmifolia*, *Diospyros anisandra* y *Talisia oliviformis*. Con menos de 10 individuos se presentan cuatro especies reportadas como endémicas: *Neomillspaughia emarginata* (4), *Randia truncata* (2), *Ziziphus yucatanensis* y *Bourreria pulchra* (1 c/u). Así mismo, en este sitio se encontraron *Thrinax radiata* y *Guaiacum sanctum*, especies catalogadas como protegidas, con nueve y un individuo, respectivamente (Figura 3).

En Ría Lagartos, formaron parte de la estructura 645 individuos, de 84 especies correspondientes a 34 familias. Las especies más numerosas fueron *Guaiacum sanctum*, *Haematoxylum campechianum*, *Gymnopodium floribundum*, *Acacia pennatula* y *Bakeridesia gaumeri*. Con menos de 10 individuos, se encontraron las especies endémicas: *Ziziphus yucatanensis* (7), *Caesalpinia yucatanensis* y *Diospyros anisandra* con seis individuos cada una; *Nopalea gaumeri* (4), *N. inaperta* (3); por último, *Lonchocarpus yucatanensis* se encontró con un individuo. Las especies protegidas *Beaucarnea pliabilis* y *Pterocereus gaumeri*, se encontraron representadas con dos individuos cada una (Figura 3).

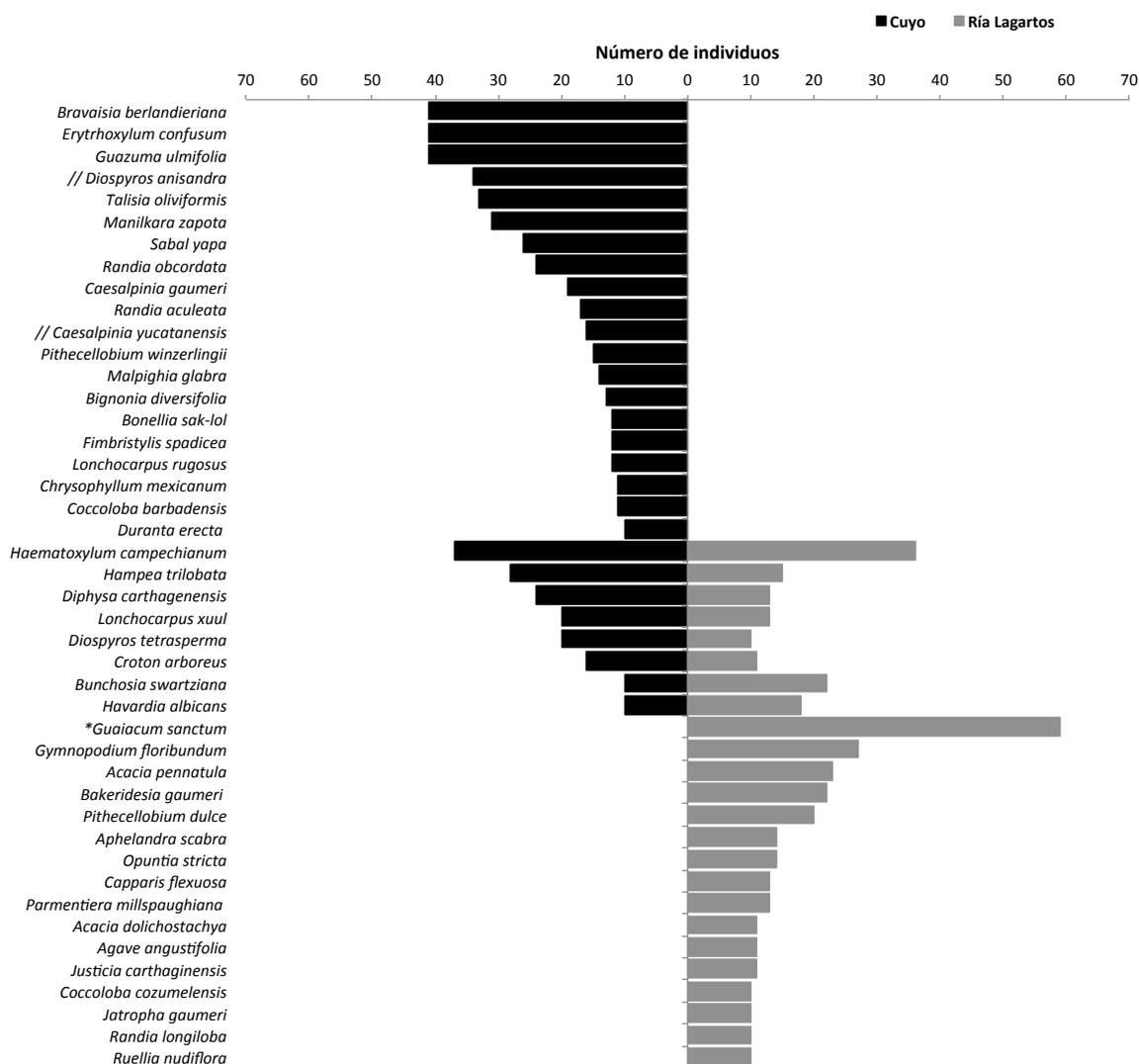


Figura 3. Abundancia de individuos por especie (10 >) en cada sitio (Cuyo y Ría Lagartos). // Especie endémica, * especie registrada en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

ÁREA BASAL

En el sitio Cuyo el área basal total fue de 99.4 m²; a nivel de sitio, *Guazuma ulmifolia* se comportó como especie dominante al alcanzar un área basal de 23.3 m², seguida de *Haematoxylum campechianum* con 15.3 m² y *Diospyros tetrasperma* con 7.6 m². Con relación a las parcelas, cinco de ellas contribuyeron con el 50 % del área basal del sitio, éstas fueron en orden decreciente: la C28 con 12.3 m² en donde *Diospyros tetrasperma* contribuyó con 6.7 m², en las parcelas C26 con 11.1 m² y la C12 con 11.0 m²

Resultados

cuya especie con mayor área basal en ambas parcelas fue *Guazuma ulmifolia* con 5.7 m² y 10.2 m², respectivamente. En cuanto a especies protegidas, éstas no alcanzaron el valor de la unidad, sin embargo *Thrinax radiata* estuvo representada en la C1 con 0.35 m² y en la C28 con 0.05 m²; mientras que *Guaiacum sanctum* se registró exclusivamente en la C26 con 0.09 m² (Figura 4).

En Ría Lagartos el área basal total fue de 44.4 m², donde la especie con mayor área basal fue *Haematoxylum campechianum*, que contribuyó con 13 m², seguida de los 4.3 m² aportados por *Gymnopodium floribundum*. La tercera especie con mayor área basal fue *Guaiacum sanctum* que contribuyó con 3.8 m². A nivel de sitio, cinco parcelas aportaron el 50 % del área basal donde destaca la parcela R32 que fue la que mostró mayor área basal con 5.9 m², en donde fue dominante *Coccoloba cozumelensis* con 1.9 m²; en la R30 el área basal total fue de 5.8 m² con un mayor aporte de *G. floribundum* con 2.7 m² y la R22 con un total de 4.4 m² aportado en su mayoría por *H. campechianum* con 3.9 m². Respecto a especies protegidas, además de la presencia de *G. sanctum* se encontró a *Beaucarnea plibilis*, la cual aportó 0.68 m² al total del área basal (Figura 4).

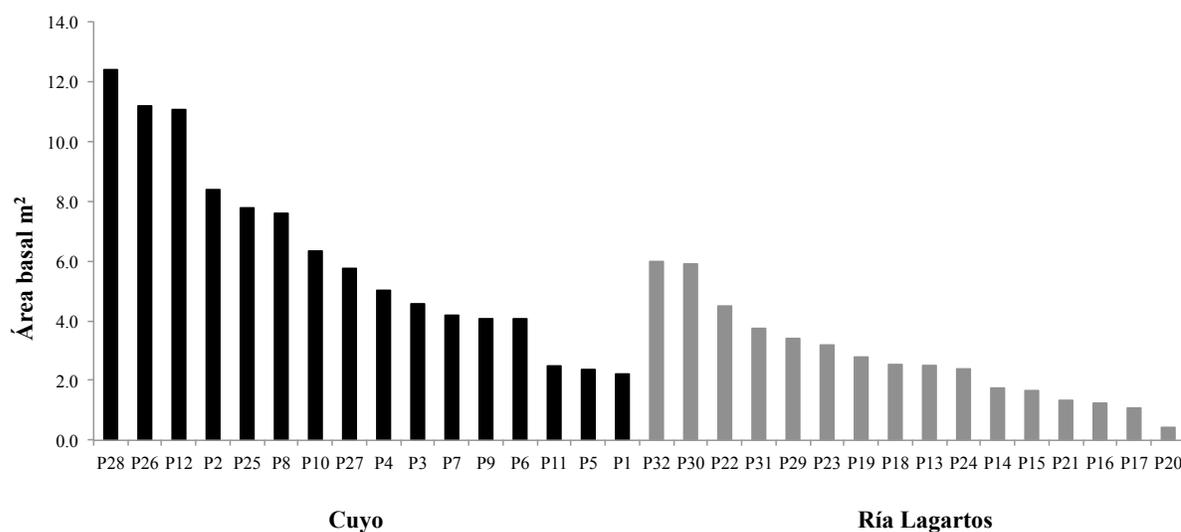


Figura 4. Áreas basales por parcela en cada sitio.

VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA

La composición de especies y sus respectivos valores de importancia relativa (VIR) fueron diferentes en los dos sitios. En el sitio Cuyo, 19 especies obtuvieron VIR altos (5 % >), y pertenecieron a especies características de la SBC, como son *Guazuma ulmifolia*, *Haematoxylum campechianum*, *Bravaisia berlandieriana*, *Talisia oliviformis* y *Erythroxylum confusum* (Fig. 5). De ellas, dos especies están catalogadas como endémicas de la Península de Yucatán: *Diospyros anisandra* y *Caesalpinia yucatanensis*. Respecto a especies protegidas, éstas tuvieron valores bajos, *Thrinax radiata* (4 %) y *Guaiacum sanctum* (0.5 %).

En Ría Lagartos, 16 especies se consideraron las más importantes dentro de la estructura. El valor más alto perteneció a *Guaiacum sanctum*, especie reportada como amenazada por la normatividad ambiental mexicana; seguida de especies características de la SBC, como son *Gymnopodium floribundum*, *Coccoloba cozumelensis*, *Bunchosia swartziana*, *Bakeridesia gaumeri* y *Pithecellobium dulce*. Con valores iguales a la unidad, se encontraron las especies protegidas *Beaucarnea pliabilis* y *Pterocereus gaumeri* (Fig. 5).

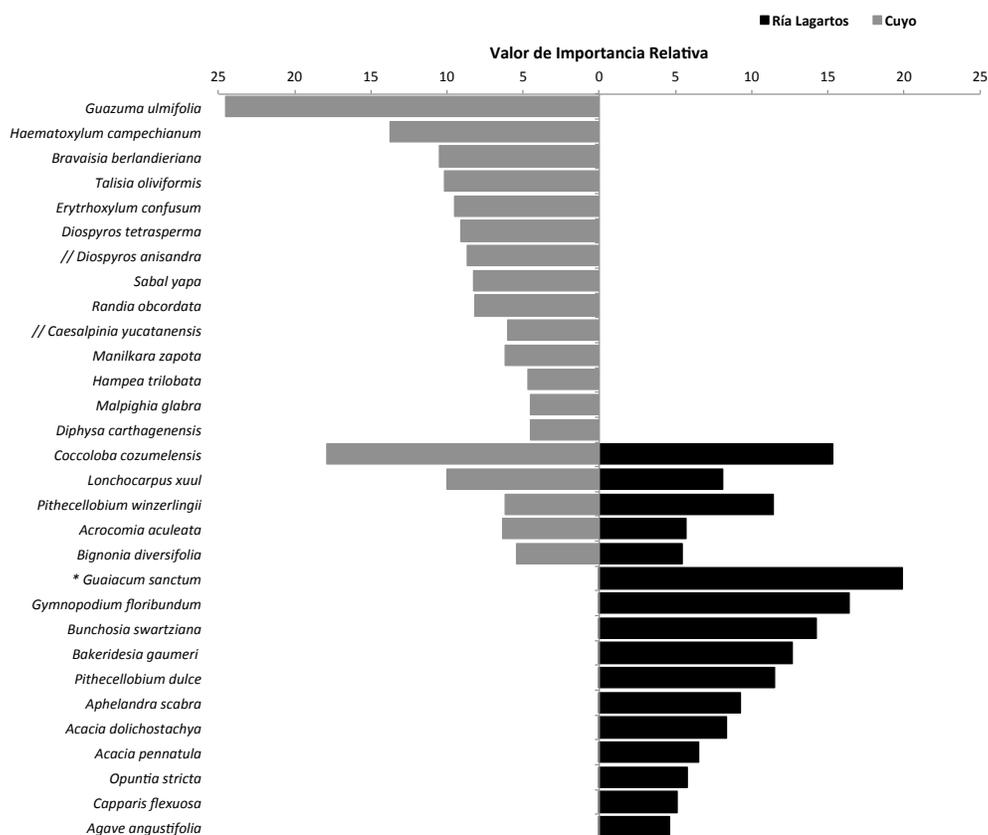


Figura 5. Especies con mayor valor de importancia relativa por sitio. // Especie endémica, * especie protegida por la NOM-059-SEMARNAT-2010.

DIVERSIDAD

El valor del Índice de Shannon obtenido para Ría Lagartos fue de $H' = 4.03$ ($J' = 0.90$) y para Cuyo fue de $H' = 3.96$ ($J' = 0.88$). En cuanto a equitatividad, los datos mostraron que Ría Lagartos tiene una distribución más homogénea de especies con respecto a Cuyo. Estos valores estimados para ambos sitios no resultaron ser estadísticamente diferentes (prueba de t: $p < 0.05$, $gl = 1441.27$, $tcal = -0.97$). Mientras que el Índice de similitud de Sørensen resultó en un valor de 0.50 (Cuadro 3).

Cuadro 3. Valores de riqueza e índices de diversidad y similitud calculados para ambos sitios. I = Total de individuos, S = Riqueza específica, E = Número de especies endémicas, P = Número de especies protegidas según la NOM-059-SEMARNAT-2010, H' = Índice de Shannon-Weiner, J' = Equitatividad, I = Índice de Sørensen.

Sitio	I	S	E	P	H'	J'	I
Cuyo	797	90	18	2	3.96	0.88	
Ría Lagartos	645	84	23	3	4.03	0.90	0.5

FACTORES EDÁFICOS Y LA VEGETACIÓN

El análisis de correspondencia canónica (CCA), en la Figura 6, mostró la formación de tres grupos asociados a algún factor ambiental. Se observa (izquierda-derecha) un grupo de parcelas asociadas a SBC inundable determinada por la presencia de especies como *Haematoxylum campechianum*, *Guazuma ulmifolia*, *Sabal yapa*, *Bonellia sak-lol*, *Erythroxylum confusum*, *Fimbristylis spadicea*, *Erythrina standleyana*, *Jatropha gaumeri*, *Ipomea crinicalyx*, *Ruellia nudiflora* y *Randia truncata*. Hacia la derecha, se observa una composición de especies asociadas a la SBC con un clima árido, como son las cactáceas *Pterocereus gaumeri*, *Nopalea gaumeri*, *N. inaperta*, *Stenocereus laevigatus* y especies propias de SBC como *Guaiacum sanctum*, *Lonchocarpus xuul*, *Acacia dolichostachya*, *Bakeridesia gaumeri* y *Ziziphus yucatensis*.

Este mismo análisis mostró que la composición de especies está asociada a parcelas propias de cada sitio. En la parte inferior se agruparon las parcelas del sitio Cuyo, donde fueron exclusivas las especies *Thrinax radiata*, *Lysiloma latisiliquum* y *Caesalpinia gaumeri*; y en la parte superior se agruparon parcelas de Ría Lagartos, donde fueron exclusivas las especies como *Pterocereus gaumeri*, *Beaucarnea pliabilis*, *Bakeridesia gaumeri*, *Nopalea inaperta* y *N. gaumeri*.

En el Grupo I se asociaron las parcelas C25, C26, C27, C28, R29, R30, R31 y R32 las cuales mostraron un mayor número de individuos, así como de especies. A este grupo pertenecieron especies con altos VIR como *Acacia dolichostachya*, *Bakeridesia gaumeri*, *Gymnopodium floribundum*, *Aphelandra scabra*, *Bunchosia swartziana*, *Hampea trilobata*

Resultados

y *Diospyros tetrasperma*. En el Grupo II, los factores determinantes fueron un contenido mayor de materia orgánica y carbono en el suelo, así como capacidad de intercambio catiónico, para carbono en un intervalo de 27.8-21.8 %, la materia orgánica en un intervalo de 47.9- 38 % y la capacidad de intercambio catiónico de 50.8-30.2 Cmol (+)/Kg. Mientras que el pH en estas parcelas fue siempre de 7.81. Este grupo abarcó las parcelas R13, R14, R15, R16, R19, R22 y R24; se encontraron VIR altos para especies como *Acacia pennatula*, *Guaicum sanctum*, *Capparis flexuosa*, *Lonchocarpus xuul* y *Pithecellobium dulce*.

El Grupo III estuvo determinado por una menor capacidad de intercambio catiónico y un menor contenido de carbono y materia orgánica en el suelo; este grupo estuvo conformado por las parcelas C1, C2, C3, C7, C8, C9, C10, C11, C12, R18, R20 y R21. Las especies con VIR altos en este grupo fueron: *Caesalpinia yucatanensis*, *Bravaisia berlandieriana*, *Manilkara zapota*, *Coccoloba cozumelensis*, *Guazuma ulmifolia*, *Cydista diversifolia*, *Haematoxylum campechianum*, *Diospyros anisandra* y *Erythroxylum confusum*. Los resultados de la prueba de Monte Carlo se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Resultados de la prueba de Monte Carlo de los ejes basados en 998 operaciones con valores aleatorizados.

Datos reales		Datos aleatorizados			<i>p</i>
Eje	Valor del eje	Media	Mínimo	Máximo	
1	0.595	0.389	0.312	0.612	.0020
2	0.481	0.342	0.266	0.431	
3	0.396	0.306	0.241	0.373	

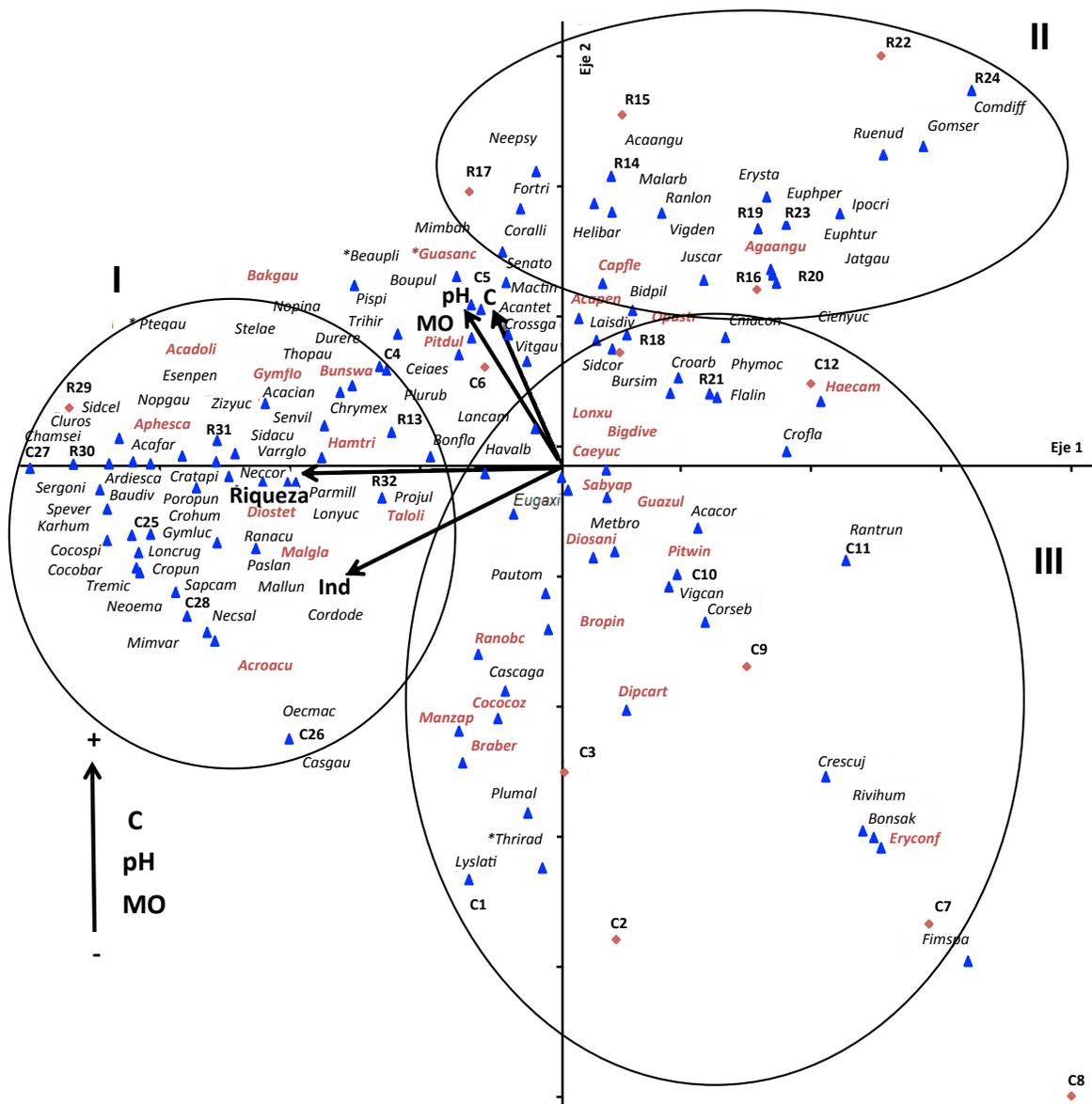


Figura 6. Análisis de correspondencia canónica (CCA) con los valores de importancia relativa más altos. En rojo, especies con los VIR más altos. Ejes de variación 1 y 2 con valores de 0.48 y 0.59, respectivamente. (C) Contenido de carbono en el suelo, (CIC) Capacidad de Intercambio Catiónico, (Ind) Número de individuos, (MO) Contenido de Materia Orgánica del suelo y (Riqueza) Número de especies. * Especie protegida por la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Resultados

Mientras que la ordenación a través del análisis de correspondencia sin tendencia (DCA) (Hill, 1994), de los valores más altos de área basal en las 32 parcelas, muestra la formación de tres grupos (Fig. 7). El Grupo I, estuvo conformado por las parcelas C7, C8, C9, C10, C11, C12, R19, R20, R21, R22, R23 y R24, cuyas áreas basales pertenecen a especies características de la SBC inundable como *Haematoxylum campechianum*, *Bonellia sak-lol*, *Erythrina standleyana*, *Sabal yapa*, *Jatropha gaumeri* y *Randia truncata*. Destacan por sus valores altos *Haematoxylum campechianum* y *Erythroxyllum confusum*.

El Grupo II, estuvo conformado por las parcelas C1, C2, C3, C5, C6, R14, R17, C25, C26, C27, C28, R29, R30, R31 y R32, donde se agruparon especies de la SBC como *Bakeridesia gaumeri*, *Lonchocarpus xuul*, *Diospyros tetrasperma*, *Acacia dolichostachya*, *Beaucarnea pliabilis* y *Neomillspaughia emarginata*; los valores de área basal más altos correspondieron a *Guaiacum sanctum*, *Ziziphus yucatanensis*, *Pithecellobium dulce*, *G. floribundum*, *Hampea trilobata*, *Coccoloba cozumelensis*, *Bauhina divaricata*, *Talisia olivaeformis* y *Manilkara zapota*. Por último, en el Grupo III se asociaron las parcelas C4, R13, R15, R16 y R18, en el cual se encontraron especies como *Acacia pennatula*, *Caesalpinia gaumeri*, *Vitex gaumeri*, *Randia longiloba*, *Diphysa carthagenensis* y *Havardia albicans*; los valores más altos de área basal pertenecieron a *Capparis flexuosa* y *Ceiba aesculifolia*.

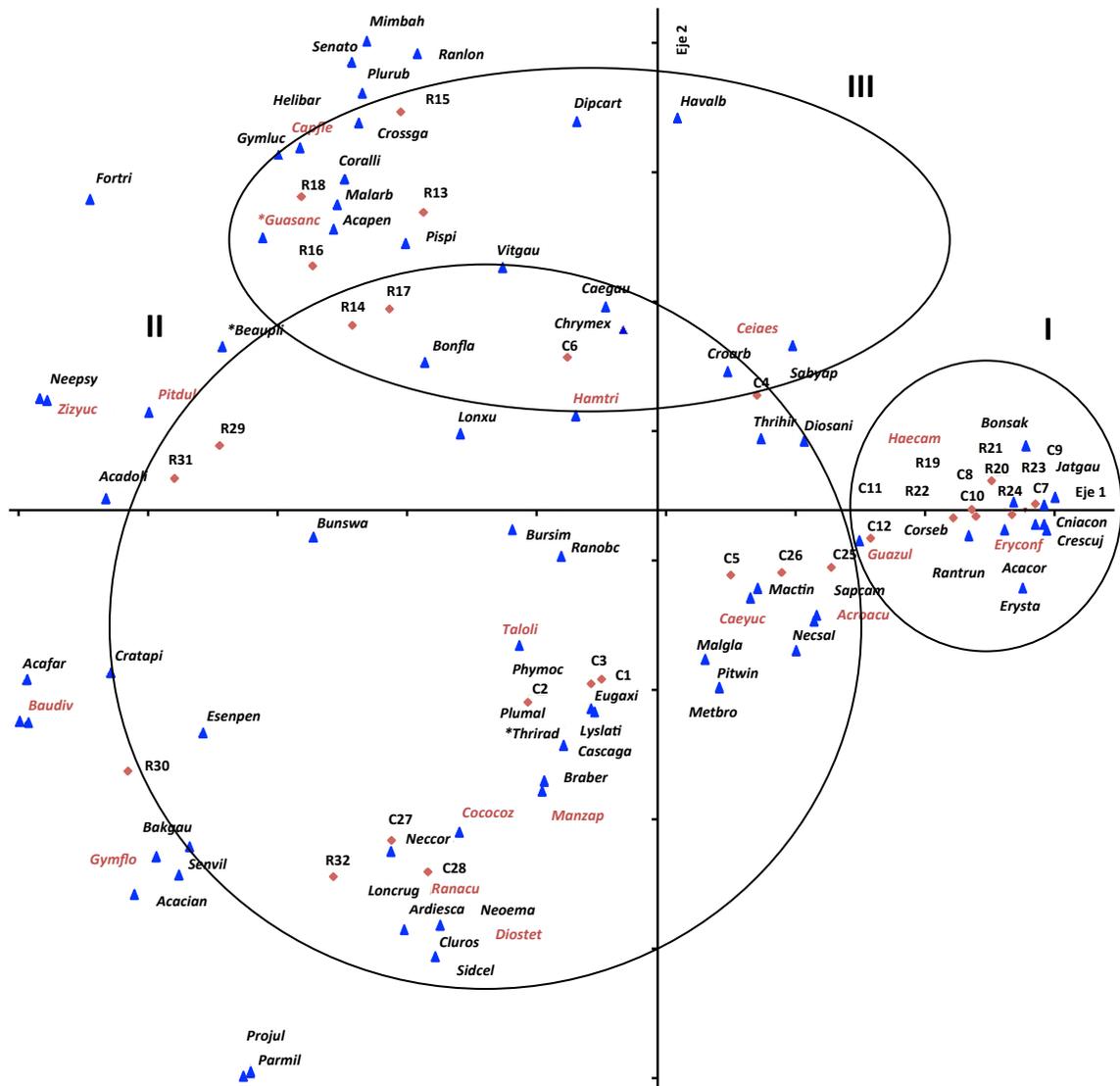


Figura 7. Análisis de correspondencia sin tendencia (DCA) de las áreas basales de cada especie por parcela. La variación acumulada para el eje 1 es de 0.91 y para el eje 2 es de 0.63. En rojo se señalan las especies con mayor valor de área basal, * especie protegida por la NOM-059-SEMARNAT-2010.

PARÁMETROS DE COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA PARA DETERMINAR EL ESTADO DE CONSERVACIÓN

ESPECIES ENDÉMICAS

En este estudio se encontraron 13 especies endémicas para la Península de Yucatán, las cuales se registraron en 28 de las 32 parcelas, con al menos una especie.

En Cuyo se encontraron 15 parcelas con especies endémicas con un total de 68 individuos endémicos, la parcela con mayor número de individuos endémicos fue la C1 y la especie más abundante *Diospyros anisandra* con 34 individuos, seguida de *Caesalpinia yucatanensis* y *Havardia albicans*, con 16 y 10 individuos, respectivamente. Mientras que en Ría Lagartos fueron 13 parcelas que albergaron un total de 63 individuos, la parcela R13 fue la de mayor abundancia y la especie más numerosa fue *Havardia albicans* con 13 individuos, seguida de *Crossopetalum gaumeri* y *Randia longiloba*, con cinco y dos individuos, respectivamente (Fig. 8).

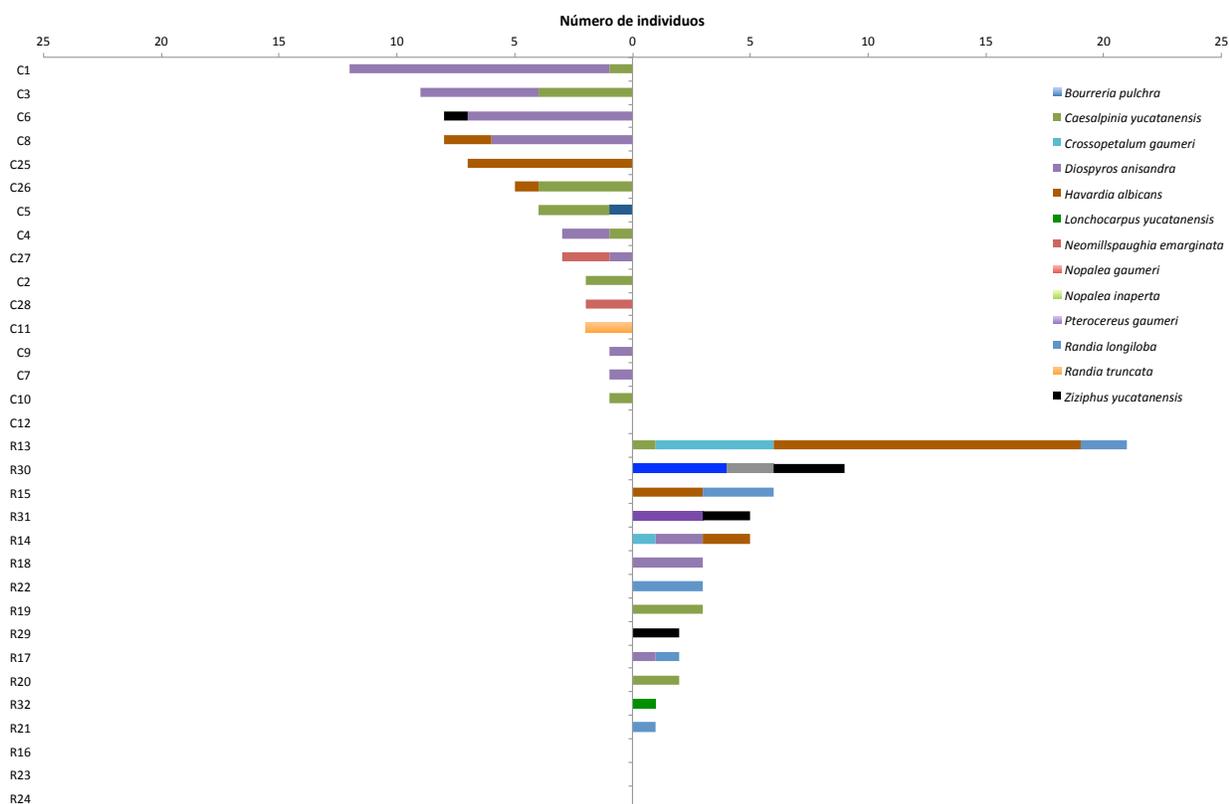


Figura 8. Abundancia de las especies endémicas en cada parcela en los sitios de estudio

Resultados

Respecto al área basal de las especies endémicas, las especies con mayor área basal fue *Caesalpinia yucatanensis*, la cual estuvo presente en nueve parcelas; seguida de *Neomillspaughia emarginata*.

En Cuyo, la parcela con mayor área basal fue la C5 con 2.03 m², seguida de la C28 con 1.66 m². La especie que con mayor área basal fue *C. yucatanensis* con 4.14 m², seguida de *N. emarginata* con 1.74 m².

En Ría Lagartos la parcela con mayor área basal fue la R31 con 1.03 m², y la especie con mayor área basal fue *Ziziphus yucatanensis* con 1.06 m², el resto de las especies tuvieron valores menores a la unidad.

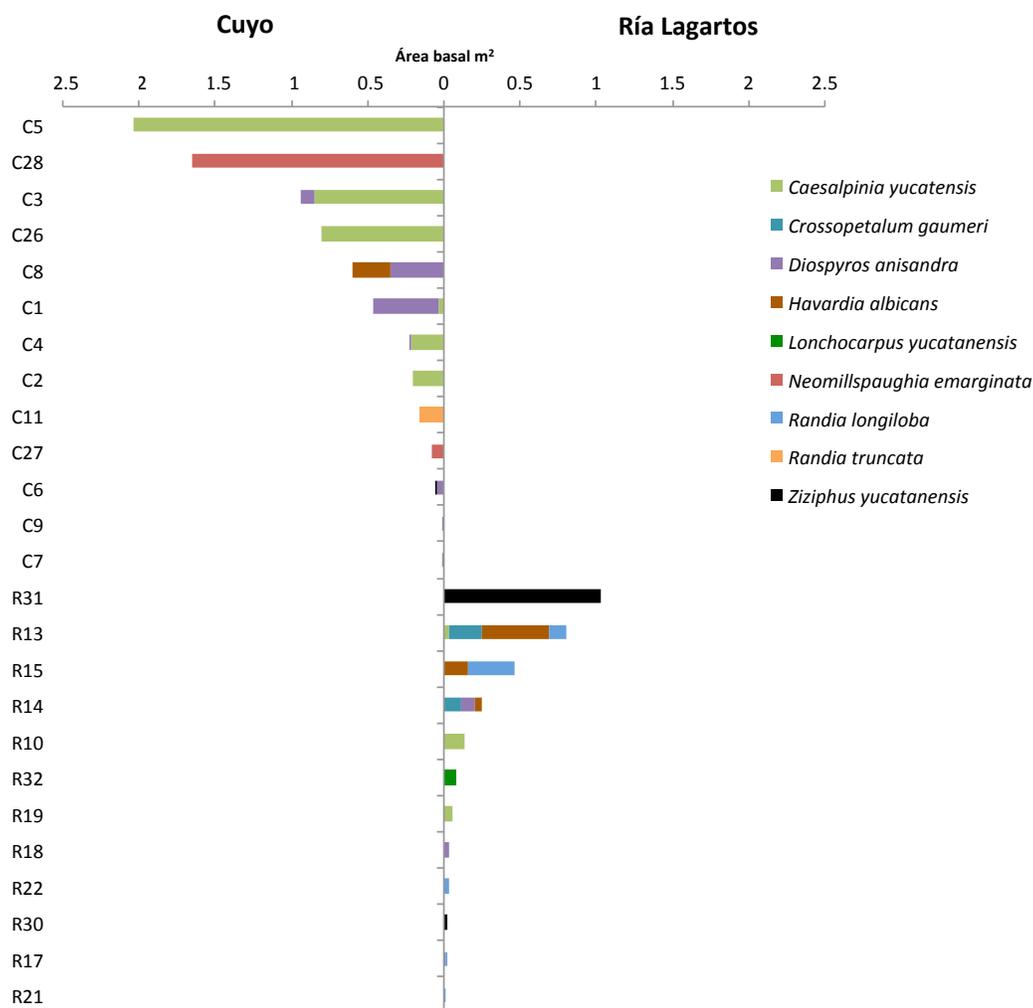


Figura 9. Área basal de las especies endémicas registradas en cada parcela en los sitios de estudio.

ESPECIES PROTEGIDAS

Este grupo de especies se registró en 14 parcelas del total muestreado, cinco en Cuyo y nueve en Ría Lagartos. En Ría Lagartos se encontraron más especies así como una mayor abundancia; mientras que en Cuyo ambos parámetros fueron menores. La especie más abundante fue *Guaiacum sanctum*, seguida de *Thrinax radiata*, *Beaucarnea pliabilis* y *Pterocereus gaumeri*.

A nivel de sitio, en Cuyo por parcela solo se registró una especie, con una abundancia total de 10 individuos. La parcela con mayor número de individuos protegidos fue la C1 con seis, las cuatro restantes presentaron solo un individuo. *T. radiata* con nueve individuos fue la especie más abundante, seguida de *G. sanctum*, con uno.

Mientras que en Ría Lagartos se encontraron las parcelas que albergaron máximo dos especies protegidas y presentó la mayor abundancia con 64 individuos. La parcela R13 registró 11 individuos, seguida de la R31 y R14 con 10 y 9 individuos, respectivamente. La especie más abundante fue *G. sanctum* con 59 individuos, seguida de *B. pliabilis* y *P. gaumeri*, con 3 y 2 individuos, respectivamente (Fig. 10).

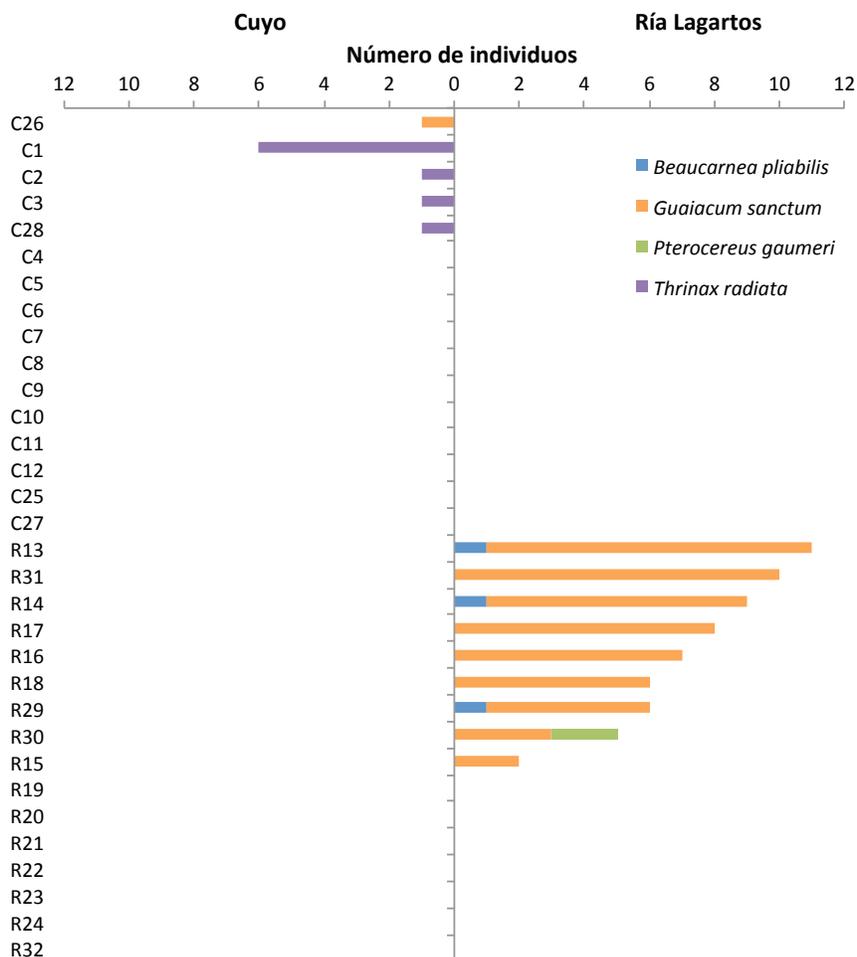


Figura 10. Abundancia de especies protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010 registradas en cada parcela en los sitios de estudio.

Respecto al área basal, la especie con mayor valor fue *G. sanctum* con 3.91 m², seguida de *B. pliabilis*, con un área basal total de 0.69 m².

En Cuyo, la parcela con mayor área basal fue la C1 con 0.35 m², seguida de la C26 con 0.09 m². La especie que con mayor área basal fue *T. radiata* con 0.40 m² seguida de *G. sanctum* con 0.09 m². En Ría Lagartos la parcela con mayor área basal fue la R29 con 1.16 m², y la especie con mayor área basal fue *G. sanctum* con 3.82 m², el resto de las especies tuvieron valores menores a la unidad (Figura 11).

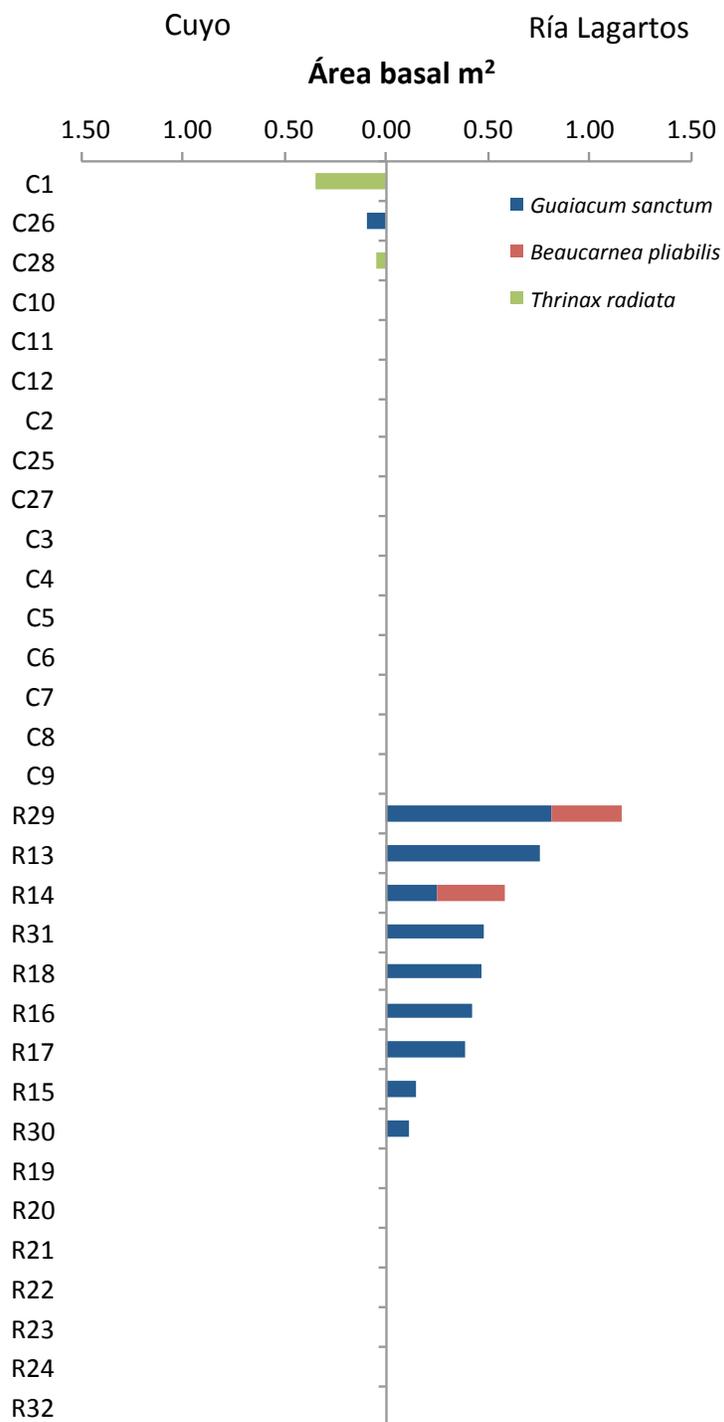


Figura 11. Área basal de las especies protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010 registradas en cada parcela en los sitios de estudio.

RELACIÓN CON FACTORES EDÁFICOS

El análisis de correspondencia canónica (CCA) construido con los valores del área basal de especies endémicas de la Península de Yucatán y especies protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010, muestra la conformación de tres grupos, así como un gradiente en el aumento del área basal de izquierda a derecha. El Grupo I estuvo conformado por las parcelas C25, C26, C27, C28, R30 y R32, tanto de Ría Lagartos como de Cuyo. Éstas parcelas fueron las que registraron mayor área basal, así como una mayor riqueza y abundancia de individuos. A este grupo pertenecieron especies como *Neomillspaugia emarginata*, *Diospyros tetrasperma*, *Guaiacum sanctum*, *Acacia dolichostachya*, *Thrinax radiata*, *Ziziphus yucateensis*, *Bakeridesia gaumeri* y *Beaucarnea pliabilis*. El Grupo II fue conformado por las parcelas R13, R14, R15, R16, R17, R19, R22 y R24, todas de Ría Lagartos, donde los factores determinantes fueron una mayor capacidad de intercambio catiónico en el suelo, mayor contenido de materia orgánica, fósforo y carbono en el suelo. A este grupo pertenecieron *Havardia albicans*, *Randia longiloba*, *Caesalpinia gaumeri*, *Guaiacum sanctum* y *Diphysa carthagenensis*. El Grupo III, estuvo conformado por las parcelas C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C9, C10, C11, C12, R18, R20, R21 y R23, tanto de Cuyo como de Ría Lagartos, donde se encontraron los valores más bajos de carbono, materia orgánica y pH, e incluyó a especies como *Diospyros anisandra*, *Croton arboreus*, *Lonchocarpus xuul*, *Coccoloba cozumelensis*, *Jatropha gaumeri* y *Vitex gaumeri* (Figura 12). Los resultados de la prueba de Monte Carlo se muestran en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Resultados de la prueba de Monte Carlo de los ejes basados en 998 operaciones con valores aleatorizados.

Datos reales		Datos aleatorizados			<i>p</i>
Eje	Valor del eje	Media	Mínimo	Máximo	
1	0.691	0.594	0.41	0.898	0.0771
2	0.679	0.492	0.342	0.661	
3	0.444	0.41	0.291	0.582	

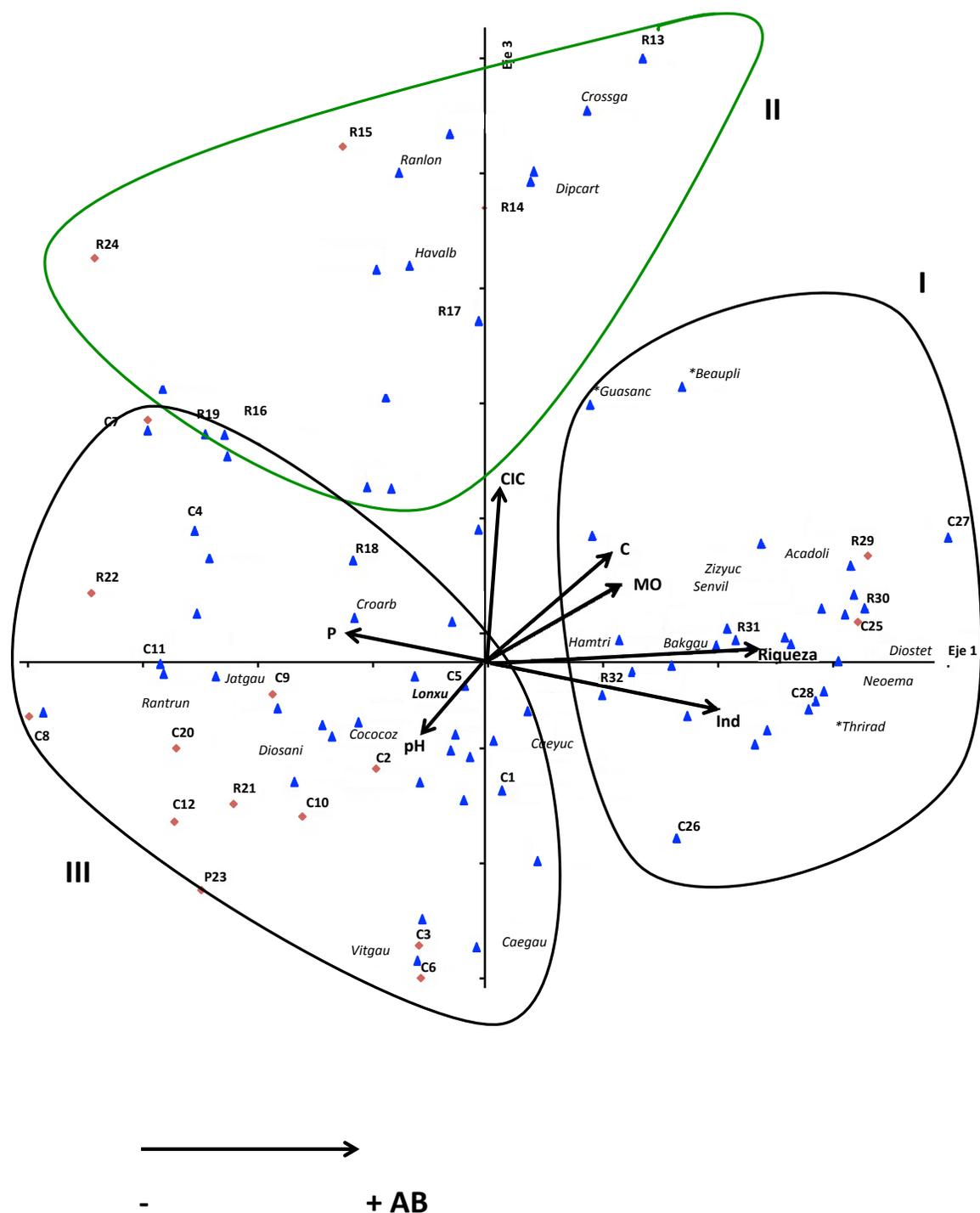


Figura 12. Análisis de correspondencia canónica de las variables edáficas en relación con el área basal de las especies endémicas y NOM-059-SEMARNAT-2010 y las parcelas. (C) Contenido de carbono en el suelo, (CIC) Capacidad de intercambio catiónico, (Ind) Número de individuos, (MO) Contenido de materia orgánica del suelo y (Riqueza) Número de especies. * Especie protegida por la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Resultados

La Figura 13 muestra el CCA construido con los VIR de las especies endémicas y protegidas, en relación con las variables edáficas. Se observa que se distinguen las parcelas del sitio Cuyo, de las de Ría Lagartos. Con base en la composición de especies, se puede inferir un gradiente de humedad de derecha a izquierda, ya que existe la presencia de especies asociadas a la SBC inundable, por ejemplo, *Jatropha gaumeri* y *Randia truncata*; y otra de especies más afines a la SBC con un clima árido, como es *Pterocereus gaumeri*, *Nopalea gaumeri*, *N. inaperta*, *Stenocereus laevigatus* y *Guaiacum sanctum*.

Así mismo, se observa de la parte media hacia la inferior, la composición de especies está asociada a parcelas propias del sitio Cuyo, donde son exclusivas especies como *Thrinax radiata*, *Coccoloba cozumelensis* y *C. spicata*. Estas parcelas muestran valores menores de carbono, materia orgánica y pH en el suelo; mientras que en la parte superior, se agrupan parcelas de Ría Lagartos, las cuales presentaron un mayor contenido de carbono y materia orgánica en el suelo, así como de pH. De esta asociación de parcelas, se encuentran especies como *Randia longiloba*, *Caesalpinia gaumeri*, *Beaucarnea pliabilis*, *Pterocereus gaumeri*, *Bakeridesia gaumeri*, *N. inaperta* y *Acacia dolichostachya*. Los resultados de la prueba de Monte Carlo se muestran en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Resultados de la prueba de Monte Carlo de los basados en 998 operaciones con valores aleatorizados.

Datos reales		Datos aleatorizados			<i>p</i>
Eje	Valor del eje	Media	Mínimo	Máximo	
1	0.595	0.389	0.312	0.612	.0020
2	0.481	0.342	0.266	0.431	
3	0.396	0.306	0.241	0.373	

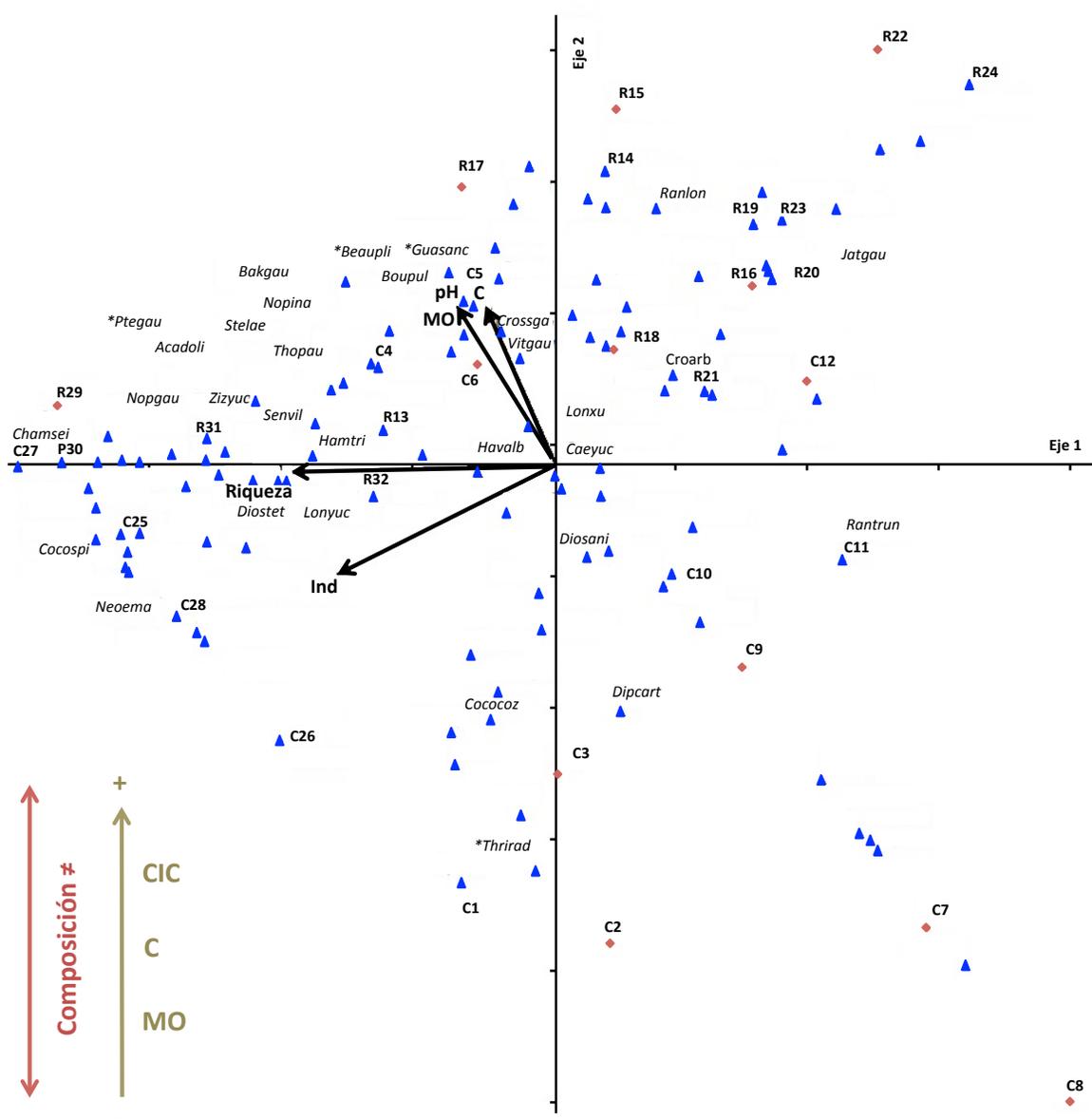


Figura 13. Análisis de correspondencia canónica de las variables edáficas con relación a los valores de importancia relativos de especies endémicas y protegidas. (C) Contenido de carbono en el suelo, (Ind) Número de individuos, (MO) Contenido de materia orgánica del suelo, (pH) pH del suelo y (Riqueza) Número de especies. * Especie protegida por la NOM-059-SEMARNAT-2010.

PROPUESTA DE ESTADO DE CONSERVACIÓN POR SITIO

CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES

La correlación de Spearman mostró que existe relación entre las variables de conservación, como se muestra en la Figura 14. El número de especies endémicas aumenta a mayor número de especies protegidas, ya que son positivos y significativos los coeficientes de correlación ($r_s=0.57$) (Fig. 14a), el número de individuos protegidos fue mayor al aumentar el número de especies protegidas ($r_s=0.81$) (Fig. 14b) y la diversidad es mayor al haber un mayor número de especies protegidas ($r_s=0.50$) (Fig. 14c).

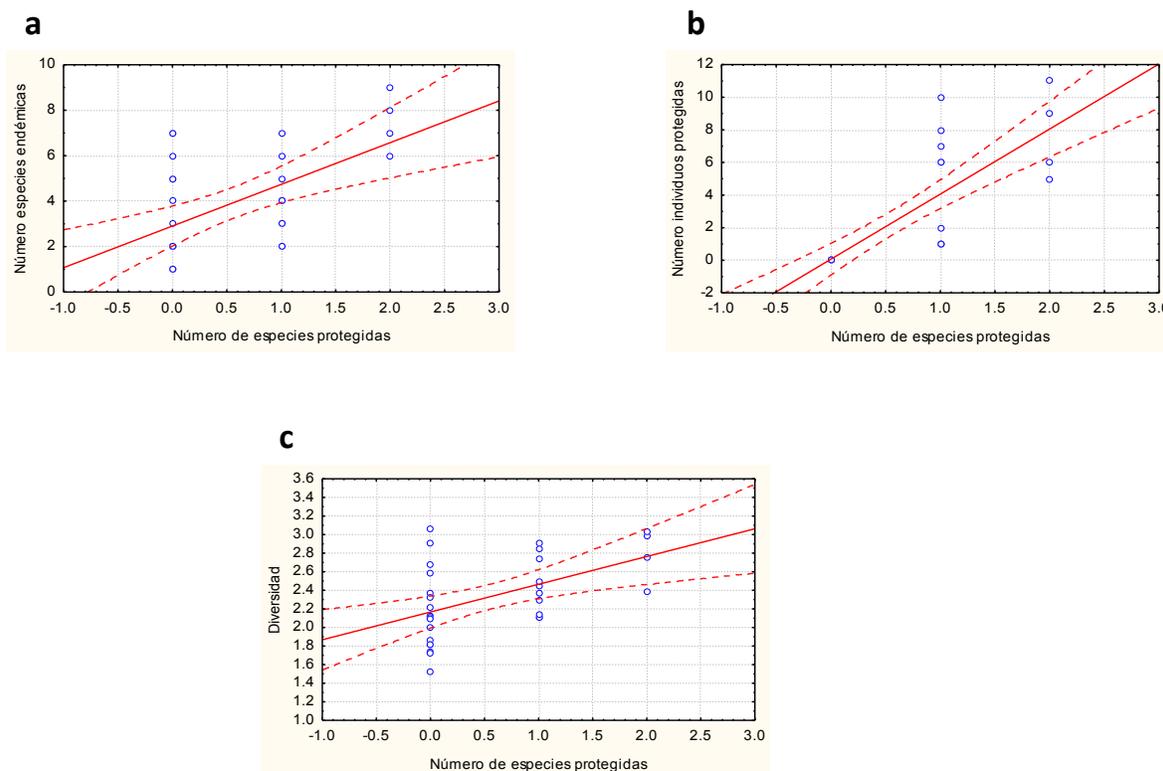


Figura 14. Correlación entre a) número de especies endémicas y número de especies protegidas, b) número de individuos protegidos y número de especies protegidas y c) diversidad y número de especies protegidas.

ÍNDICE DE INTEGRACIÓN DE ATRIBUTOS

El Índice de Integración de Atributos (IIA) propuesto para la evaluación de los sitios, mostró que las diferentes parcelas se ordenaron de forma heterogénea en un gradiente de estado de conservación (Fig. 15)

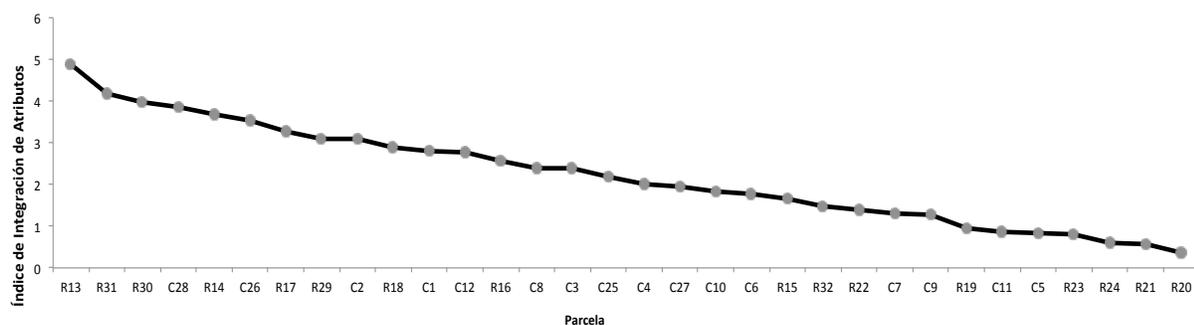


Figura 15. Propuesta del estado de conservación, en la que se muestra las parcelas de mayor a menor valor del IIA, establecidas en la reserva de la biosfera Ría Lagartos.

Las parcelas con mayor valor de IIA fueron la R13, R31, R30, C28, R14 y C26. Mientras que las parcelas R32, R22, C7, C9, R19, C11, C5, R23, R24, C12, R23 y R24 fueron las que obtuvieron menores valores. A nivel de sitio, este índice muestra que no existe un claro gradiente en el estado de conservación; es decir, en cada uno de los sitios se encuentran tanto parcelas con altos valores como con bajos.

ÍNDICE DE ESTADO DE CONSERVACIÓN FAVORABLE

Al realizar el análisis de la composición de especies en ambos sitios, se observó que en Cuyo de las 90 especies registradas, 55 se consideran características y 35 derivadas; mientras que en Ría Lagartos del total de 84 especies registradas, 60 se consideran características y 24 derivadas. El cálculo del Índice de Estado de Conservación Favorable (IEFC) obtuvo para el sitio Cuyo un valor de IEFC=0.19 y para Ría Lagartos un valor de IEFC=0.39 (Fig. 16)

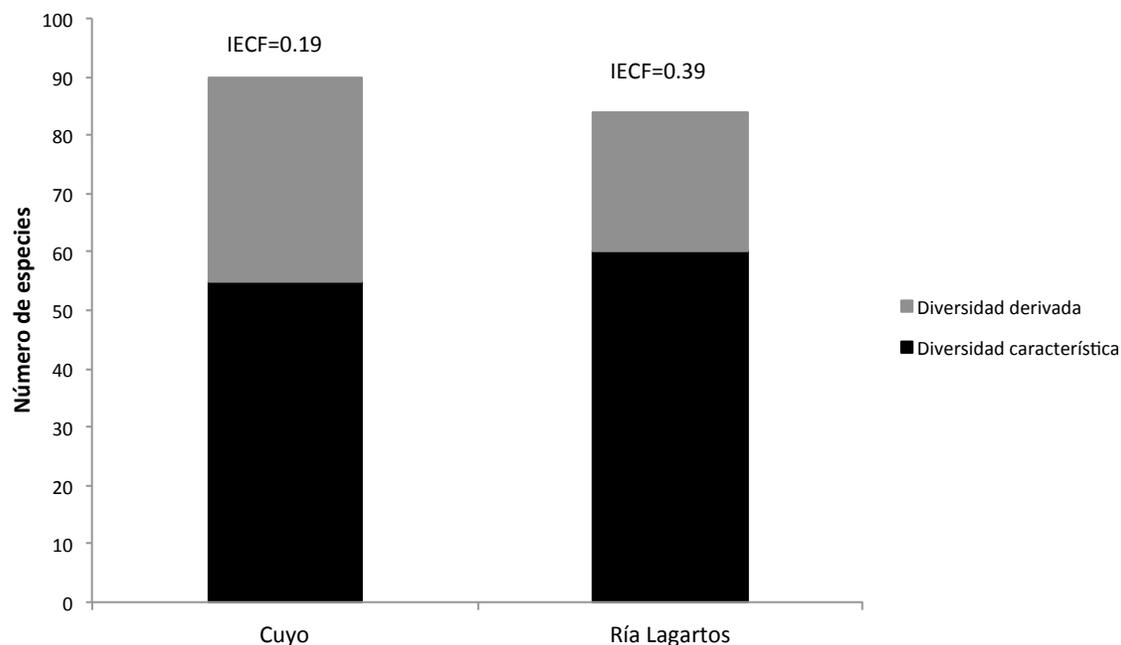


Figura 16. Análisis de la diversidad y valor del Índice de Estado de Conservación Favorable (IEFC) para ambos sitios.

Considerando ambos índices y las métricas propuestas, el sitio Ría Lagartos es el sitio con mayor estado de conservación. Ya que obtuvo el valor alto de IECF, es decir en su estructura hay más especies características de la zona, presentó una mayor riqueza y abundancia de especies protegidas, cuyas áreas basales también fueron mayores en este sitio. Este sitio se caracterizó por presentar valores altos de cantidad de carbono y materia orgánica en el suelo, capacidad de intercambio catiónico y pH. Sin embargo, presentó menor riqueza y abundancia de especies endémicas.

Mientras que Cuyo, obtuvo el valor bajo de IECF, lo que significa que en su estructura existe un mayor número de especies no características de la zona, como son pastos y herbáceas. Las especies endémicas fueron más numerosas, abundantes y con mayor área basal. Las especies protegidas fueron menos numerosas y abundantes en este sitio.

DISCUSIÓN

CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA RÍA LAGARTOS

COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

La riqueza reportada en este trabajo (131 especies en 0.32 ha), representa el 19% de las 715 especies reportadas para la RBRL (PCyMRBRL, 2007) y se ubica dentro del intervalo promedio de ≈ 65 especies, sugerido por Gentry (1995) para la SBC del Neotrópico y para las SBC de México, con el intervalo de riqueza cuyos valores extremos van de 22 a 97 especies en 0.1 ha referido por Méndez-Toribio *et al.* (2014). La riqueza fue similar a la reportada en otros estudios realizados en la SBC de la Península de Yucatán; por ejemplo, White y Hood (2004) reportaron 152 especies para un área de 2.6 ha, Benavides (2007) reportó 164 especies y Mizhari *et al.* (1997) en un área de 0.2 ha, reportaron 128 especies. Sin embargo, otros trabajos encontraron una riqueza menor; por ejemplo, Ceccon *et al.* (2002) reportaron 75 especies en un área de 0.23 ha y Dzib-Castillo *et al.* (2014) obtuvieron 83 especies en total, dentro de 1.3 ha. En contraste, en el mismo estado de Yucatán, otros autores han reportado una mayor riqueza; Gonzáles-Iturbe *et al.* (2002) registraron 236 especies en 0.2 ha y Leireana-Alcocer *et al.* (2009) hallaron, en 0.1 ha, 211 especies. Estas diferencias reafirman a la SBC como una comunidad con una alta heterogeneidad biológica (Trejo y Dirzo, 2000), de la misma forma hace evidente que las diferencias en el método, como es el tamaño de parcela y el número de sitios muestreados, dificulta establecer un patrón de riqueza en SBC; por lo que sería recomendable seguir la estandarización propuesta por Gentry (1995) o la modificación propuesta por Trejo (1998).

En 2002, Trejo y Dirzo reportaron como las selvas con mayor riqueza de especies a aquéllas de los sitios Caleta (Michoacán) con 106 spp., Infiernillo (Michoacán) con 101 spp. y Copalita (Oaxaca) con 93 spp, en parcelas de 0.1 ha. Si se comparan las cifras anteriores con las 91 spp. registradas en Cuyo y las 89 spp. de Ría Lagartos (en un área de 0.1 ha por sitio), es posible argumentar que las SBC de la RBRL formarían parte del grupo de selvas con mayor riqueza de especies a nivel nacional. En este sentido, los resultados encontrados en este trabajo contradicen el supuesto de que las SBC de la Península de Yucatán son menos diversas que aquéllas del occidente de México, justamente con respecto a Chamela, en donde se han reportado ≈ 103 especies, en 0.1 ha (Gentry, 1995; González-Iturbe *et al.*, 2002).

A nivel de familia, Fabaceae fue la mejor representada con 25 especies, esta dominancia coincide con lo reportado en otras SBC de México (Lott *et al.*, 1987; Ceccon *et al.* 2002; Gonzáles-Iturbe *et al.*, 2002; Schultz, 2003; Gallardo-Cruz *et al.*, 2005; Durán *et al.*, 2006; Benavides, 2007; Leireana-Alcocer *et al.*, 2009; Zamora-Crecencio *et al.*, 2011;

Almazán-Núñez *et al.*, 2012; Lopez-Toledo *et al.*, 2012; Rzedowski y Rzedowski, 2013; Dzib-Castillo *et al.*, 2014), así como para las SBC de Centro y Sur América en países como Puerto Rico, Argentina, Costa Rica, Bolivia y Colombia (Gentry, 1995; Gillespie *et al.*, 2000).

La alta representatividad de esta familia, se atribuye a la asociación de varias especies de leguminosas con bacterias fijadoras de nitrógeno; interacción que les confiere capacidad para establecerse en suelos pobres en nutrientes, condición derivada en parte por el proceso de lixiviación de nutrientes, típico de suelos con explotación agrícola (Miranda, 1958; González-Iturbe *et al.*, 2002; Leirana-Alcocer *et al.*, 2009). Otra explicación sugiere que esta dominancia se debe a su dispersión de tipo anemócora (Gentry, 1995) o a la presencia de una fuerte testa que permite a las semillas ser más resistentes al fuego y a condiciones de sequía propias de la región (González-Iturbe *et al.*, 2002). Euphorbiaceae fue la segunda familia predominante (10), seguida de Malvaceae (9), Cactaceae (6) y Rubiaceae (5).

El número de especies endémicas que se registraron en este trabajo es considerable (13 spp endémicas/ 131 spp totales) y representa el 21 % de las 63 especies endémicas reportadas en la RBRL (PCyMRBRL, 2007). De la misma manera, este dato es semejante a la proporción (25 spp endémicas/103 spp totales) reportada para SBC del sur del estado de Yucatán por Gutiérrez-Báez *et al.* (2012) y a la relación (29 spp endémicas/ 236 spp totales) publicada por González-Iturbe *et al.* (2002), en las SBC del norte del estado de Yucatán. Así mismo, los resultados fueron similares a los encontrados en otras ANP de la entidad; por ejemplo Escárrega (2009) reportó en la zona de El Palmar (18 spp endémicas/ 82 spp totales), y en Bocas de Dzilam (14 spp endémicas/ 91 spp totales); mientras que Palma (2009) reportó en las selva de Kabah (20 spp endémicas/ 68 spp totales), y de San Juan Bautista Tabí (17 spp endémicas/ 43 spp totales); por último, Peraza (2008) encontró para la zona de Dzibilchaltún y de las Lagunas de Yalahau, (13 spp. endémicas/ 46 spp totales) y (16 spp endémicas/ 54 spp totales), respectivamente. Cabe destacar que la reserva de la biosfera Ría Lagartos es la segunda reserva que alberga un mayor número de especies endémicas en la Península de Yucatán, sólo superada por la de Reserva de Sian Ka'an, donde se han registrado ≈ 40 especies estrictamente endémicas de la península (Gentry, 1995; Ibarra-Manríquez *et al.*, 2002).

Respecto a especies protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010, las cuatro especies encontradas en este estudio constituyen el 25 % de las 16 especies reportadas para la RBRL (PCyMRBRL, 2007).

ESTRUCTURA

ABUNDANCIA

Los valores de abundancia más altos en el sitio Cuyo correspondieron a especies propias de la vegetación de la SBC como *Bravaisia berlanderiana*, *Erythroxylum consufum*, *Haematoxylum campechianum*, *Hampea trilobata*, *Guazuma ulmifolia*, *Diospyros anisandra* y *Diphysa carthagenensis* (White y Hood, 2004; Zamora-Crescencio *et al.*, 2011). La alta abundancia de *G. ulmifolia*, probablemente se deba a su cultivo, ya que tiene uso por parte de la comunidad, al ser una especie ampliamente apreciada en la apicultura para la producción de miel, dada la calidad de su néctar; así mismo, es una especie que prospera en la vegetación secundaria y en zonas perturbadas, ya que tiende a establecerse como maleza (Sánchez-Sánchez y Islebe, 2002). En las parcelas donde es abundante esta especie, se podría aventurar que tienen una edad relativamente joven, entre 2 y 10 años (Kennard, 2002). Por su parte, *B. berlanderiana* es un arbusto que se utiliza para cercas y algunos usos medicinales (Sánchez-Sánchez y Islebe, 2002) y *Manilkara zapota* es una especie abundante en la vegetación, cuyo cultivo fue promovido para la extracción de látex utilizado principalmente en la elaboración de chicle y este uso ha evitado la remoción de árboles (Sánchez-Sánchez y Islebe, 2002; Martínez y Galindo-Leal, 2002). Dentro de la estructura, la abundancia de estas especies puede deberse a un cultivo intencional por parte de grupos humanos y no forzosamente resultado de la dinámica natural de la selva (White y Hood, 2004).

Respecto a especies protegidas, éstas no llegaron a ser abundantes, por ejemplo la palma *Thrinax radiata* estuvo presente en la parcela C1 con seis individuos y en las parcelas C2, C3 y C28 se encontró con un individuo; mientras que *Guaiacum sanctum* estuvo representada por un individuo en la parcela C26. Estas parcelas pueden considerarse de mayor edad, dada la presencia de estas especies consideradas de lento crecimiento e indicadores de vegetación madura (Benavides, 2007; Lopez-Toledo *et al.*, 2012).

En Ría Lagartos, la abundancia más alta fue para *Guaiacum sanctum*, esto sugiere un buen estado de conservación, ya que se ha reportado como especie de lento crecimiento, así como indicadora de vegetación madura; además, confiere al sitio un valor de conservación importante no sólo por el estatus de protección, sino porque su alta abundancia se ha asociado positivamente con un alto almacenamiento de carbono (Martínez y Galindo-Leal, 2002; Lopez-Toledo *et al.*, 2012). El resto de las especies abundantes son nativas y características de la vegetación, por ejemplo, *Gymnopodium floribundum* se ha reportado como abundante en la vegetación secundaria, pero presente en todas las fases de la sucesión, esto puede deberse a su capacidad de rebrote (González-Iturbe *et al.*, 2002; Sánchez-Sánchez y Islebe, 2002; White y Hood, 2004; Lopez-Toledo *et al.*, 2012). De las especies abundantes, 11 están reportadas como endémicas entre ellas destaca *Havardia albicans*, de la cual se aprovecha su madera para usos medicinales, como cerca viva y como

especie melífera; mientras que *H. trilobata* tiene una amplia distribución en la Península de Yucatán, dado su rápido crecimiento e incluso se ha reportado como indicadora de perturbación (Vázquez-Yanez *et al.*, 1998; Sánchez-Sánchez y Islebe, 2002), su madera se utiliza en la construcción, como combustible, además de tener uso medicinal y como especie melífera. *D. carthagenensis*, *Coccoloba cozumelensis* y *Jatropha gaumeri* son especies comunes de vegetación secundaria, las cuales tienen diversos usos maderables, de construcción, medicinal y como especies melíferas (Durán-García, 1997; Vázquez-Yanez *et al.*, 1998). Por último, *Acacia dolichostachya* se ha reportado como parte de la vegetación secundaria e indicadora de perturbación, con uso maderable, combustible, aromatizante, melífera, curtiente, sombra y medicinal (Benavides, 2007).

Relevante es el hecho de que en Ría Lagartos fue exclusiva la presencia aunque con baja abundancia, de las cactáceas endémicas *Nopalea gaumeri*, *N. inaperta* y *Stenocereus laevigatus*, en las parcelas R30 y R31; en lo que respecta a especies protegidas, la palmera endémica *Beaucarnea pliabilis* se encontró con un individuo en la parcela R14 y R29; mientras que el cactus *Pterocereus gaumeri* se localizó únicamente en la parcela C30 con dos individuos. Estos datos sugieren que estas parcelas se encuentran en fase de sucesión tardía, ya que son especies reportadas de lento crecimiento (González-Iturbe *et al.*, 2002; Ibarra-Manríquez *et al.*, 2002)

Diversos autores han reportado que el hecho de encontrar ciertas especies como dominantes en la estructura de la vegetación tropical, puede sugerir un uso previo de la misma, como puede ser el caso de *H. campechianum*, de la cual se aprovecha su madera para la extracción de sustancias colorantes, así como con usos medicinales, melíferos y en la construcción (Rico-Gray *et al.*, 1992; Ceccon *et al.*, 2002; Niembro-Rocas, 2010). Otra explicación, ampliamente aceptada, sugiere que la dominancia de ciertas especies en la SBC se debe a su capacidad de rebrote (Murphy y Lugo, 1986; Rico Gray y García-Franco, 1992; Mizhari *et al.*, 1997; Ceccon *et al.*, 2002; Niembro-Rocas, 2010) que permite contribuyan en mayor proporción a la regeneración de la selva, ya que poseen un sistema de raíces desarrolladas, lo que les confiere una mayor tasa de sobrevivencia y, por ende, un mayor éxito en alcanzar etapas adultas, en comparación a aquéllas provenientes de semillas (Ceccon *et al.*, 2002; Sagar y Singh, 2005).

ÁREA BASAL

Los valores de área basal registrados a nivel de sitio (99.4 m²/0.1 ha y 44.4 m²/0.1 ha Cuyo y Ría Lagartos, respectivamente) son más altos que los reportados en otras SBC de la Península de Yucatán (17.2 m²/ha Mizhari *et al.* (1997); 15 m²/ha Ceccon *et al.* (2002); 20.7 m²/ha White y Hood (2004), así como de lo descrito por Zamora-Crescencio *et al.* (2011) en un área de muestreo semejante (0.1 ha) reportando un área basal de 18 m²/ha. Estos datos excedieron por mucho el máximo del intervalo de 17-40 m² para área basal en SBC propuesto por Murphy y Lugo (1995), para SBC mexicanas. El hecho de encontrar valores de área basal tan altos también fue reportado por Pérez-García y Meave (2004) en la SBC de Oaxaca, quienes explican que esto se puede deber a la alta proliferación de individuos arbóreos policaulescentes. La policaulescencia es una condición frecuente en selvas secas, pero no exclusiva de éstas y se ha sugerido que se debe a la regeneración por rebrote, la cual puede estar favorecida en sitios bajo disturbio (Gallardo-Cruz *et al.*, 2005; Méndez-Toribio *et al.*, 2014).

Al respecto, en los trabajos de estructura de la vegetación comúnmente se reporta el área basal, pero pocas veces (por ej. Mizhari *et al.*, 1997), si no es que nunca, se explica como fue el cálculo de la misma. Esto con el fin de aclarar de si se considera la policaulescencia, es decir, si se considera la suma de DAP de todos los troncos de un individuo, se obtienen valores sobreestimados de área basal; caso contrario si sólo se considera el tronco central, ya que conlleva a un cálculo subestimado. Estas diferencias de cálculo generan una diferencia en los datos, y de igual forma conllevan a errores en el cálculo, por ejemplo, del VIR, lo cual dificulta una fiel comparación entre estudios (Dahdouh-Guebas y Koedam, 2006). Por ello, se propone considerar una homogenización y transparencia en los métodos para obtener el área basal, con el fin de que los datos sean realmente comparables entre sí al momento de realizar un análisis de la estructura de la vegetación.

En el Cuyo, dominaron *G. ulmifolia* y *H. campechianum*, esto quizá se deba a su capacidad de rebrote, así como de rápido crecimiento (Sánchez-Sánchez y Islebe, 2002), aunado el hecho de que al ser especies con uso por parte de la comunidad, ciertos individuos han sido respetados al momento de la tala, lo que ha permitido una mayor acumulación de biomasa (Vázquez-Yanes y Orozco, 1989); mientras que *Diospyros tetrasperma* y *Coccoloba cozumelensis*, son especies también características de la SBC, siendo la última una especie endémica con distribución panpeninsular (Ibarra-Manríquez *et al.*, 2002; Dzib-Castillo *et al.*, 2014). Con respecto a especies protegidas, *G. sanctum* y *T. radiata*, si bien no tuvieron un aporte considerable al área basal, si es meritorio considerar su presencia como indicadores de vegetación madura, con buen estado de conservación en las parcelas C1, C26 y C28.

En Ría Lagartos, fueron dominantes con respecto al área basal las especies de amplia distribución y propias de vegetación secundaria de la SBC, *G. floribundum* y *H. campechianum*, esto quizá a su capacidad de rebrote que les permite un crecimiento más rápido (Ibarra-Manríquez *et al.*, 2002; White y Hood, 2004; Dzib-Castillo *et al.*, 2014); mientras que el valor alto del área basal de *Pithecellobium dulce*, también ha sido reportada por González-Iturbe *et al.* (2002). Cabe destacar que el alto valor de área basal de la especie protegida *G. sanctum*, sugiere que donde es mayor su aporte, son sitios libres de disturbio, donde hay un mayor almacenamiento de carbono, debido a la alta densidad de su madera (Lopez-Toledo *et al.*, 2012).. Otra especie protegida es *B. pliabilis*, la cual se encontró con muy bajos valores de área basal.

A nivel de parcela, los valores de área basal estuvieron dentro del intervalo de 6-12 m², siendo semejantes a lo descrito por White y Hood (2004) y que concuerdan a lo reportado por Benavides (2007) para sitios en fase de sucesión temprana-intermedia en SBC del estado de Yucatán; y muy probablemente las parcelas de este estudio se encuentran en esta fase.

Al analizar las parcelas con mayor área basal, las cuales se encuentran en ambos sitios, resulta interesante que su mayor aporte está dado por especies consideradas de rápido crecimiento que también tienen capacidad de rebrote como son *G. floribundum*, *D. tetrasperma*, *H. campechianum* y *G. ulmifolia* (Ibarra-Manríquez *et al.*, 2002; Sánchez-Sánchez y Islebe, 2002; White y Hood, 2004; Dzib-Castillo *et al.*, 2014).

En la literatura se ha considerado que un valor alto de esta variable es indicador de sitios que han sido menos expuestos a disturbios recientes, lo que ha permitido una mayor acumulación de biomasa (Cecon *et al.*, 2002; González-Iturbe *et al.*, 2002; Sagar *et al.*, 2003; Sagar y Singh, 2006; Benavides, 2007; Dupuy *et al.*, 2012), sin embargo no suele considerarse la composición de las especies que están contribuyendo a este alto valor. El hecho de registrar mayor área basal, no forzosamente indica que se trata de sitios menos afectados por disturbio, donde se ha dado una mayor acumulación de biomasa; más bien, estos valores altos podrían estar influenciados por la policaulescencia, condición común en sitios con disturbio, la cual suele sobreestimar los valores de área basal (Pérez-García y Meave, 2004; Gallardo-Cruz *et al.*, 2005; Méndez-Toribio *et al.*, 2014).

En términos de conservación, el área basal adquiere sentido cuando se analiza la composición de especies y sus características biológicas, como en este estudio, que se identificó la capacidad de rebrote. Por ello, se propone que al momento de monitorear una comunidad con fines de conservación, además de considerar los valores de área basal como variable descriptiva, también es necesario analizar la composición de especies para con ello poder emitir un diagnóstico más certero.

VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA

En Cuyo, los VIR más altos pertenecieron a *H. campechianum* y *G. ulmifolia*, ambas especies de amplia distribución (Ibarra-Manríquez *et al.*, 2002), siendo esta última importante en la estructura, ya que es una especie pionera, heliófila, de rápido crecimiento con tendencia a dominar la vegetación; por ello, suele ser considerada indicadora de disturbio (Vázquez-Yanes *et al.*, 1998; Ibarra-Manríquez *et al.*, 2002; Dzib-Castillo *et al.*, 2014). Igualmente de importancia dentro de la estructura, fueron especies propias de la vegetación de la SBC como *D. tetrasperma*, *H. trilobata* y *D. carthagenensis* (Miranda, 1958; White y Hood, 2004; Zamora-Crescencio *et al.*, 2011; Dzib-Castillo *et al.*, 2014); mientras que las especies *D. anisandra*, *C. yucatanensis* y *L. xuul*, también fueron reportadas con VIR altos por González-Iturbe *et al.* (2002), como especies presentes en sitios con un abandono mayor a 50 años; las cuales tienen uso en la construcción, como combustible o para la fabricación de utensilios diversos. Otras especies importantes dentro de la estructura fueron *Sabal yapa*, la cual se reporta como resistente al fuego y *H. trilobata* como parte de la vegetación secundaria e indicadora de perturbación (Sánchez-Sánchez y Islebe, 2002). En Cuyo resulta interesante la poca aportación de las especies protegidas dentro de la estructura, *T. radiata* con 4 % y *G. sanctum* con 0.55 %, esto debido a su baja densidad y área basal relativa. Sin embargo, el hecho de tener un fuerte componente característico de SBC, así como la presencia de especies endémicas, sugiere un relativo buen estado de conservación.

En Ría Lagartos, la especie protegida *G. sanctum* obtuvo el VIR más alto, con base en su alta frecuencia y densidad relativa, lo que sugiere un buen estado de conservación, ya que al ser una especie de lento crecimiento, suele ser un indicador de vegetación madura, además se ha asociado positivamente con un alto almacenamiento de carbono; así mismo, el hecho de ser una especie catalogada en peligro de extinción debido a actividades de explotación, confiere al sitio un valor de conservación (Martínez y Galindo-Leal, 2002; Lopez-Toledo *et al.*, 2012). La segunda especie con alto VIR fue *Gymnopodium floribundum*, también reportada con altos valores por González-Iturbe *et al.* (2002), Dupuy *et al.* (2012), Ceccon *et al.* (2002) y Dzib-Castillo *et al.* (2014), la cual es característica de vegetación secundaria aunque dada su capacidad de rebrote, se encuentra en todas las fases de la sucesión (Mizhari *et al.*, 1997; Sánchez-Sánchez e Islebe, 2002; Dupuy *et al.*, 2012). Por su parte, *Pithecellobium dulce* fue reportada con altos VIR por González-Iturbe *et al.* (2002) y Ceccon *et al.* (2002) exclusivamente en sitios en fase de sucesión avanzada, es una especie de vegetación secundaria la cual se establece fácilmente, ya que posee nódulos fijadores de nitrógeno, a tal punto que llega a comportarse como maleza; también es una especie aprovechada para la producción de miel (Vázquez-Yanes *et al.*, 1998). La especie *Acacia dolichostachya*, es un elemento típico de vegetación secundaria con algún uso por parte de la comunidad como combustible, recurso maderable, medicinal, de sombra para el ganado y melífera (Benavides, 2007).

Las especies protegidas *B. pliabilis* y *P. gaumeri* fueron exclusivas de Ría Lagartos con VIR de 1% cada una, esto debido a su baja área basal, frecuencia y densidad relativa. *B. pliabilis* se registró en las parcelas R14 y R29; mientras que *P. gaumeri* estuvo sólo presente en la parcela R30, siendo esta parcela de especial atención, ya que esta especie se ha reportado como de muy lento crecimiento, ello sugiere que esta parcela representa un sitio con baja frecuencia de disturbio que ha alcanzado una fase sucesional tardía (González-Iturbe *et al.*, 2002). La presencia aunque con bajos VIR de especies cactáceas endémicas con una distribución exclusivamente del norte de la Península como *N. gaumeri*, *N. inaperta*, *S. laevigatus* y *P. gaumeri* (Ibarra-Manríquez *et al.*, 2002), sugiere que estos sitios son de una alta prioridad de conservación, ya que son especies reportadas con lento crecimiento; presentes sólo en sitios abandonados que se encuentran en fase de sucesión tardía (González-Iturbe *et al.*, 2002; Ibarra-Manríquez *et al.*, 2002).

El hecho de no encontrar en ambos sitios un mayor número de especies características de la SBC reportadas por Miranda (1959), con VIRs altos como es el caso de *Thouinia paucidentata*, *Caesalpinia gaumeri*, *Metopium brownei*, *Jatropha gaumeri*, *Bursera simaruba* y *Piscidia piscipula*; ya había sido reportado en otras SBC de la Península por Dzib-Castillo *et al.* (2014); este hecho puede deberse a: 1) una limitación en la dispersión de propágulos de estas especies, debido a la fragmentación generada por los constantes disturbios que afectan a la SBC (González-Iturbe *et al.*, 2002), 2) que las condiciones microambientales pueden estar jugando un papel determinante en el establecimiento (Dupuy *et al.*, 2012) y 3) el esfuerzo de muestreo no fue suficiente.

DIVERSIDAD

Los valores de diversidad obtenidos en este trabajo (Ría Lagartos $H' = 4.03$ y Cuyo $H' = 3.96$) en un área de 0.1 ha por cada sitio, son mayores a lo reportado en otras SBC de Yucatán; por ejemplo Mizhari *et al.* (1997) reportaron ($H = 1.16$) en 0.2 ha, Ceccon *et al.* (2002) ($H = 1.23$) en 0.23 ha, González-Iturbe *et al.* (2002) ($H = 1.39$) en 0.2 ha y Dzib-Castillo *et al.* (2014) para un área de 1.3 ha reportaron un valor de ($H = 2.31$). El hecho de encontrar fluctuaciones en los valores del índice de Shannon-Weiner es frecuente en la zona de la Península de Yucatán, ya que evidencia cambios en la diversidad de especies dentro de la SBC como resultado de la selección de ciertas especies (Dzib-Castillo *et al.*, 2014), aunque también es necesario considerar que este índice es sensible al tamaño de la muestra adoptado en cada estudio (Magurran, 1998; Chao *et al.*, 2005). A pesar de las limitaciones y el debate respecto al uso de este índice, su empleo sigue siendo común en la evaluación del estado de conservación (Kent y Coker, 1992).

Respecto a la ausencia de diferencias significativas en la diversidad entre ambos sitios en este trabajo, Ceccon *et al.* (2002) reportaron el mismo patrón al comparar una SBC joven y una madura en la región del Parque Nacional Dzibichaltún. En cuanto a equitatividad, los datos mostraron que Ría Lagartos tiene una distribución más homogénea de especies con respecto a Cuyo y según González-Iturbe *et al.* (2002), esta característica indica mayor de conservación, dado que la comunidad no se encuentra dominada por algunas especies (Magurran, 2011).

En cuanto a similitud en la composición florística, al igual que en este estudio, González-Iturbe *et al.* (2002) reportaron un valor de 50 % al comparar sitios en fase intermedia y avanzada en SBC al norte del estado de Yucatán, esta alta similitud responde a la presencia de especies de amplia distribución dentro de la región (White y Hood, 2004).

FACTORES EDÁFICOS Y LA VEGETACIÓN

El análisis de CCA de la Figura 6, sugiere a través de la composición de especies que esta misma está asociada a un gradiente de humedad, tal como lo reportaron White y Hood (2004), quienes encontraron que especies de zonas más áridas se encontraban en el lado oeste de la Península de Yucatán; y que este conjunto de especies fueron remplazadas por otras en el lado este. Por lo que concluyen que a pesar de la existencia de un mismo material parental, el clima influencia cambios edáficos los cuales se reflejan en la composición de especies. Así mismo, este resultado sugiere que el muestreo realizado en este trabajo abarcó una buena parte de la gran heterogeneidad ambiental que se registra en la zona, ya que se reportaron especies de afinidad más seca y otras de zonas inundables.

Las parcelas del grupo II fueron aquéllas donde el carbono, la materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico del suelo obtuvieron valores altos y medios, y tienen la característica de pertenecer al sitio de Ría Lagartos. Estos resultados concuerdan con los de Ceccon *et al.* (2002), quienes en SBC de Yucatán, encontraron que la riqueza de especies tiende a aumentar con la fertilidad de suelo; así mismo, Dupuy *et al.* (2012) concluyeron que la materia orgánica es la variable más importante, ya que explica cambios en la composición. Esto se debe a que la materia orgánica estabiliza los agregados del suelo y, al mismo tiempo, contribuye a la fertilidad del suelo dado que permite el almacenamiento de nutrientes en forma orgánica; así mismo su asociación a una alta capacidad de intercambio catiónico facilita la toma de nutrientes y también incrementa la capacidad de retención de agua (Dupuy *et al.*, 2012). Con respecto al fósforo, este elemento no es determinante ya que la variación en sus concentración en el suelo no afectó la riqueza de especies, tal como reportaron Ceccon *et al.* (2002) en una selva joven y otra madura de Yucatán.

Por ello, estos resultados sugieren que los cambios en la vegetación están más asociados a propiedades del suelo, como la cantidad de nutrientes o capacidad de retención de agua; estos últimos a su vez influenciados por la topografía y variaciones climáticas. (White y Hood, 2004; Dupuy *et al.*, 2012).

En la Figura 12, el Grupo I registró valores altos de área basal con valores altos e intermedios de carbono, materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico y cuyos valores de pH fueron intermedios; dentro de este grupo las parcelas C2, C8, C10 y C12 registraron, contrariamente valores bajos de las variables antes mencionadas. Resulta interesante que este grupo de parcelas, además de altos valores de área basal, fueron las que al mismo tiempo registraron una mayor riqueza de especies. En SBC de la India, a lo largo de un gradiente de disturbio, Sagar y Singh (2006) reportaron que la riqueza de especies incrementa a mayores valores de área basal, ya que la ausencia de constante disturbio permite la concentración de biomasa en diferentes especies; evitando con ello, la dominancia de pocas especies.

Por otra parte, González-Iturbe *et al.* (2002) concluyeron que las parcelas con altos valores de área basal eran aquéllas que no habían experimentado efecto de disturbio al menos por 50 años; siguiendo este criterio, el sitio Cuyo podría considerarse de sucesión avanzada. Sin embargo, al analizar la composición se evidencia que estos altos valores se deben a la sobreestimación generada por la policaulescencia de especies con capacidad de rebrote como *G. ulmifolia*, *D. tetrasperma*, *H. campechianum*, *G. floribundum* y *C. cozumelensis* (Sánchez-Sánchez e Islebe, 2002; Gonzáles-Iturbe *et al.*, 2002; White y Hood, 2004) condición que se ve favorecida por procesos de disturbio (Gallardo-Cruz *et al.*, 2005); por lo que para este estudio la variable de área basal no es contundente para establecer un estado de conservación.

PROPUESTA DE ESTADO DE CONSERVACIÓN POR SITIO

La evaluación del estado de conservación, es la valoración de la “salud” de los ecosistemas, con la finalidad de proponer estrategias de manejo efectivo, sustentado en información ecológica (Santibañez-Andrade *et al.*, 2015). En este trabajo se consideraron atributos de la biodiversidad como son la composición, la estructura y la función (Newton y Kapos, 2002).

ENDEMISMO

El hecho de haber encontrado en toda el área de estudio 13 especies de las 64 reportadas como endémicas para la Península de Yucatán por Ibarra- Manríquez *et al.*, (2002) y a nivel de parcela por lo menos una especie confirma el estatus de reserva de la biosfera y atestigua su funcionalidad como tal, ya que en estas áreas deben “... *habitar especies representativas de la biodiversidad nacional, incluyendo a las consideradas endémicas...*”(LGEEPA Art. 48, 2015).

En Cuyo se encontró una mayor riqueza y abundancia de especies endémicas, siendo *D. anisandra* y *C. yucatanensis* y *Havardia albicans* las más abundantes. La alta abundancia de las dos últimas especies se puede asociar a que pertenecen a la familia Fabaceae, para la cual se ha reportado estrategias como asociación con bacterias fijadoras de nitrógeno, dispersión anemócora y capacidad de rebrote (Gentry, 1995; González-Iturbe *et al.*, 2002; Leirana-Alcocer *et al.*, 2009). Así mismo la alta abundancia de *D. anisandra* y *C. yucatanensis* fue reportada también por González-Iturbe *et al.* (2002) en SBC de Yucatán.

En Ría Lagartos se encontró menor riqueza y abundancia de este grupo de especies, y como especies abundantes se registró nuevamente a *H. albicans*, así como a *C. gaumeri* y *R. longiloba*; cuya alta abundancia se deba a que tienen utilidad medicinal en la comunidad, lo que probablemente haya promovido su cultivo (Vázquez-Yanes *et al.*, 1999; Durán-García, 1997).

Al hacer un análisis del grupo de especies endémicas, resulta interesante que casi todas son de amplia distribución dentro de la Península, como *C. yucatanensis*, *D. anisandra* y *H. albicans* (Ibarra-Manríquez *et al.*, 2002). Sin embargo, especies de cactáceas como *N. gaumeri*, *N. inaperta* y *P. gaumeri* tienen reportada una distribución restringida en la parte norte de la Península (Durán-García *et al.*, 2010). En este trabajo, es evidente que el endemismo no implicó rareza, lo que significa que una especie puede ser endémica de una región pero no rara; por lo que cuenta con poblaciones numerosas o con una alta tolerancia de hábitat dentro de esta región (Hobohm y Tucker, 2013). Por lo tanto su uso como métrica de conservación debe ser analizado a nivel de composición; ya que por si solo el valor conlleva a conclusiones que pueden restar objetividad a la finalidad de conservación. Otra limitante es la información disponible sobre la distribución geográfica, pues una

misma especie puede ser considerada endémica o no, según el autor o base de datos que se consulte.

ESPECIES PROTEGIDAS

Este grupo se encontró con mayor riqueza y abundancia en Ría Lagartos, y según González-Iturbe *et al.* (2002), los sitios donde se localizan estas especies, se consideran en estado maduro o con mayor tiempo sin presencia de disturbio. Además, estos sitios son importantes no solo por la presencia *per se* sino porque se ha asociado a una alta riqueza de especies endémicas, que si bien es necesario analizar en su composición, contribuye al mantenimiento de la biodiversidad en la zona (Lopez-Toledo *et al.*, 2012). La notable abundancia de *G. sanctum* indica que en los sitios en donde se encuentra, han experimentado un bajo grado de disturbio; que ha permitido el mantenimiento de estos individuos, los cuales son de lento crecimiento (Lopez Toledo *et al.*, 2012). En la literatura, no se reporta como una especie abundante en la SBC de Yucatán, y por lo tanto, estas zonas de abundancia no son de amplia distribución en la región. Cabe destacar que la alta abundancia de *G. sanctum* se ha asociado positivamente con un mayor almacenamiento de carbono, debido a la alta densidad de su madera (Lopez-Toledo *et al.*, 2012). Lo que puede considerarse como un criterio extra para enfatizar la necesidad de protección de estos sitios y que eventualmente permitiría contemplar el pago de servicios ambientales; lo que beneficiaría a la comunidad y, al mismo tiempo, promovería la conservación de la SBC y la protección de otras especies. Otra especie que se ha reportado de lento crecimiento e indicadora de sitios mejor conservados fue *P. gaumeri* (González-Iturbe *et al.*, 2002; Ibarra-Manríquez *et al.*, 2002).

En Cuyo fue menor la riqueza y abundancia de este grupo de especies, la especie más abundante fue la palma *T. radiata*, cuyas poblaciones se encuentran amenazadas por la extracción desmedida para la fabricación de escobas y construcción de palapas (SEDUMA, 2015).

ÍNDICE DE ESTADO DE CONSERVACIÓN FAVORABLE

Respecto al análisis de la riqueza de especies en ambos sitios, el hecho de encontrar una mayor riqueza de especies en Cuyo que en Ría Lagartos no significa que tenga un mejor estado de conservación. Respecto al Índice de Estado de Conservación Favorable (IEFC), aunque la riqueza de especies fue mayor en Cuyo el valor de este índice resultó ser menor, lo que señala una disminución en la integridad de la comunidad, que es confirmado por el número elevado de especies derivadas.

En Cuyo el 39 % corresponde a especies derivadas, es decir, especies que históricamente no han sido registradas en la RBRL pero debido a la acción antropogénica y

cambios ambientales llegan a establecerse; como los pastos *Paspalum langei* y *Lasiacis divaricata*, asociados a la actividad ganadera y la maleza nativa *Rivina humilis*, la cual tiene una amplia tolerancia ecológica ya que se ha reportado en bosques templados matorrales xerófilos y ambientes tropicales de SBC (CONABIO, 2015) e indicadora de disturbio en la zona (Schultz, 2005). Especies parte de la diversidad característica fueron: *Caesalpinia yucatanensis*, *Coccoloba cozumelensis*, *Diospyros tetrasperma*, *D. anisandra*, *Diphysa carthagenensis*, *G. floribundum*, *Haematoxylum campechianum*, *Hampea trilobata*, *Jatropha gaumeri*, *Lonchocarpus xuul*, *Piscidia piscipula*, *Pithecellobium dulce* y *T. paucidentata*.

Mientras que Ría Lagartos obtuvo el valor mayor de IEF, dado que el número de especies características de la RBRL es mayor al de derivadas, provenientes de otra región. Ya que se encontró una composición más semejante a la reportada por Miranda (1958) donde se conservan dentro de su estructura especies características de la SBC como: *Acacia dolichostachya*, *A. pennatula*, *Bakeridesia gaumeri*, *Bunchosia swartziana*, *Caesalpinia gaumeri*, *Capparis flexuosa*, *Crossopetalum gaumeri*, *Croton arboreus*, *Diospyros tetrasperma*, *D. anisandra*, *Diphysa carthagenensis*, *Gymnopodium floribundum*, *Hampea trilobata*, *Havardia albicans*, *Lonchocarpus xuul*. Así como los elementos cactáceos: *A. tetragonus*, *Nopalea gaumeri*, *N. inaperta*, *Pterocereus gaumeri* y *Stenocereus laevigatus*. De igual forma en este sitio se encontraron las especies protegidas: *Beaucarnea plabilis*, *Guaiacum sanctum* y *P. gaumeri*. Las especies derivadas representaron el 28 %, que corresponde a herbáceas en las que se encuentra la maleza nativa *Viguiera dentata*, la cual es indicadora de disturbio (Schultz, 2005; CONABIO, 2015), otra maleza nativa *Spermacoce verticillata*, la cual es una especie de amplia tolerancia ya que se reporta en bosques templados y ambientes tropicales asociados a áreas abiertas en donde se establece dada la alta cantidad de luz (CONABIO, 2015). Otras especies encontradas fueron: *Sida acuta* y *Lysiloma latisiliquum* (Schultz, 2005).

La protección de los sitios que resguardan una estructura y composición más fiel a la de una selva mejor madura, es fundamental para preservar fuentes de propágulos que, eventualmente, mantengan la recuperación natural de la SBC así como para el mantenimiento de servicios ambientales como el almacenamiento de carbono (González-Iturbe et al., 2002; Lopez-Toledo et al., 2012).

El hecho de encontrar diferencias entre el número de especies características y derivadas fue también reportado por Paal *et al.*, (2010), al analizar la composición de especies entre turberas de zonas contaminadas e intactas, quienes atribuyen estas diferencias de la composición debido al cambio en las condiciones del suelo, como la alcalinidad.

El uso de la riqueza de especies como indicador del estado de conservación, al no distinguir la presencia de endemismos, de especies nativas o introducidas, conlleva a

conclusiones erróneas, ya que contar con una alta riqueza de especies no significa que pertenezca a especies características de la comunidad (Fleishman *et al.*, 2006; Paal *et al.*, 2010). Ante estas limitaciones, es inaceptable solo dar importancia al valor obtenido, por lo que es fundamental considerar este análisis con métodos más precisos, que permitan visualizar de una manera más real la dinámica de la comunidad, como en este caso fue el uso del Índice de Estado de Conservación Favorable.

ÍNDICE DE INTEGRACIÓN DE ATRIBUTOS

Cabe mencionar que el actual paisaje yucatanense no es posible encontrar SBC en un estado de conservación total, más bien, consiste en un mosaico vegetal compuesto por zonas deforestadas con algún uso, zonas en algún estado de sucesión debido al abandono y escasos remanentes de selva relativamente conservada (Ceccon *et al.*, 2002; Urquiza-Haas *et al.*, 2007).

En la literatura, los métodos para evaluar el estado de conservación se basan en variables de composición y estructura como es la riqueza de especies, la abundancia, el área basal y la presencia de especies endémicas o con algún estatus de protección (Oliver, 2002; Newton y Kapos, 2002). Estas variables, dada la objetividad con la que son estimadas, permiten tener un mayor nivel de confianza en los resultados obtenidos.

En este estudio, las parcelas con mayor valor de IIA pertenecieron al sitio Ría Lagartos. Sin embargo, en este sitio también se encontraron parcelas con valores menores. En Cuyo, de igual manera se encontraron parcelas con altos y bajos valores.

Con el uso de este índice, se muestra que no existe un claro gradiente en el estado de conservación es decir, tanto en Cuyo como en Ría Lagartos se encuentran sitios con valores altos y bajos. Esto refleja la heterogeneidad florística reportada para la zona (Trejo y Dirzo, 2000; Urquiza-Haas *et al.*, 2007), o puede indicar que es un índice muy simple, ya consiste en el promedio de las variables y de igual manera puede tener influencia el hecho que no se haya considerado un índice para cada variable considerada.

FACTORES EDÁFICOS Y EL ESTADO DE CONSERVACIÓN

Los factores edáficos son diferentes en ambos sitios, y que estos están asociados a diferencia en la composición de especies. El sitio Cuyo se asociaron valores bajos de cantidad de carbono y materia orgánica en el suelo, y un pH más neutro. Mientras que en Ría Lagartos hubo un mayor contenido de materia orgánica y carbono, mientras que el pH

Discusión

fue más básico. Ceccon *et al.* (2002) reportaron para un bosque secundario viejo un mayor valor de nutrientes en el suelo. Aunque no se considero la humedad en el análisis, la composición muestra especies asociadas a SBC inundable y otras más afines a SBC con un clima árido.

CONCLUSIONES

De acuerdo con las hipótesis y predicciones, en este estudio se encontró que las diferencias en la composición de la vegetación si esta ligado al estado de conservación en cada sitio. Con base en las variables de estructura y la composición, se concluyó que el sitio con menor grado de disturbio fue Ría Lagartos y con un mayor grado de disturbio fue Cuyo.

En Ría Lagartos, considerado como el de mejor estado de conservación, se cumplieron las predicciones de:

- Encontrar una mayor riqueza y abundancia de especies protegidas, una mayor riqueza y abundancia de especies reportadas características de la vegetación de selva baja caducifolia, una mayor cantidad de factores asociados a fertilidad como es el contenido de materia orgánica, así mismo se encontró una menor riqueza y abundancia de especies indicadoras de perturbación. Pero en este sitio no fue mayor la riqueza y abundancia de especies endémicas, ni el valor de área basal.

Con respecto a los parámetros estructurales y de composición en este trabajo se concluyó que:

- Considerar la diversidad total como un parámetro de conservación puede llevar a resultados erróneos, ya que no diferencia entre la diversidad característica de la derivada. La riqueza de especies usada ampliamente como indicador de conservación, en este trabajo, no significo un mejor estado, ya que puede estar influenciada por la presencia de especies no características de la vegetación. El endemismo no constituyó un parámetro determinante, ya que la mayoría de las especies endémicas son de amplia distribución dentro de la Península de Yucatán y solo tres restringidas al área de estudio. El área basal, no resultó ser parámetro de conservación contundente, ya que fue mayor en sitios con menor grado de conservación, contrario a lo que se ha reportado en la literatura.

Este trabajo aporta datos de tipo ecológico consistentes con los cuales es posible establecer bases que puedan ser consideradas por las autoridades ambientales al momento de evaluar el plan de manejo vigente para la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos. Ya que como área natural protegida requiere de un constante monitoreo a través de estudios de estructura y composición de la vegetación, para evaluar la situación de estas poblaciones,.

Los resultados de este trabajo hacen evidente la necesidad de realizar más estudios que se enfoquen en la descripción de la vegetación con mayor área de muestro, que exploren otros atributos ecológicos vitales para el mantenimiento de la comunidad como es la polinización y la situación de las poblaciones vegetales, con especial énfasis en aquellas especies protegidas y endémicas con distribución restringida. Así mismo, sería enriquecedor considerar en el análisis variables ambientales como es temperatura, humedad

y precipitación así como de presión antropogénica como es la presencia de basura, evidencia de tala y presencia de ganado. Respecto a procesos ecológicos, explorar la polinización, la dispersión y patrones fenológicos de las especies, permitiría entender los la dinámica de la comunidad vegetal. Por último, el uso de índices más robustos, basados en cada uno de los atributos de la biodiversidad y que además consideren el medio socio económico en el cual se encuentra inmerso el ecosistema de estudio, un diagnóstico más preciso de la realidad en la que se encuentran las comunidades vegetales con respecto a las condiciones humanas y sus necesidades.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Almazán-Núñez R. C. , M. del Coro Arizmendi, L. Aguirre y P. Corcuera. 2012. Changes in composition, diversity and structure of woody plants in successional stages of tropical dry forest in southwest Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **83**(4): 1096–1109.
- APG III. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* **161**(2):105–121.
- Arriaga Cabrera L., V. Aguilar y J.M. Espinoza. 2009. Regiones prioritarias y planeación para la conservación de la biodiversidad. En: J. Sarukhán, P. Koleff, J. Carabias, J. Soberón, R. Dirzo, J. Llorente-Bousquets, G. Halffter, R. González, I. March, A. Mohar, S. Anta, J. de la Maza (Eds.), *Capital Natural de México, Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio* (pp. 433- 457). México, D.F., México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).
- Balvanera P., E. Lott y E. Durán. 1999. Species turnover in a tropical dry forest: untangling environmental, spatial and biotic determinants. *Memorias del XIV International Botanical Congress*. San Luis Missouri, EUA.
- Belaoussoff S. y P.G. Kevan. 2003. Are there ecological foundations for ecosystem health? *The Environmentalist* **23**:255–263.
- Benavides R.G. 2007. Diversité, structure composition et dynamique annuelle de la végétation de la forêt médiane subcaducifoliée en trois étapes de succession dans la Péninsule du Yucatán, Mexique. Reporte de estancia de investigación. Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY). Mérida, México.
- Bezaury-Creel J. y D. Gutiérrez-Carbonell. 2009. Áreas naturales protegidas y desarrollo social en México. En: J. Sarukhán, P. Koleff, J. Carabias, J. Soberón, R. Dirzo, J. Llorente-Bousquets, G. Halffter, R. González, I. March, A. Mohar, S. Anta, J. de la Maza (Eds.), *Capital Natural de México, Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio* (pp. 385-431). México, D.F., México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).
- Carboni M., M. L. Carranza y A. Acosta. 2009. Assessing conservation status on coastal dunes: A multiscale approach. *Landscape and Urban Planning* **91**: 17-25.
- Carnevali Fernández-Concha G., R. Duno de Stefano, I. Ramírez Morillo y J.L. Tapia Muñoz. 2010. Diversidad de la flora. En: R. Durán y M. E. Méndez

González (Eds.), *Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán* (pp. 175–178). Mérida, México: CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA.

Carnevali Fernández-Concha G., I.M. Ramírez y J.A. González-Iturbe. 2003. Flora y vegetación de la Península de Yucatán. En: M. Colunga-García y A. Larqué-Saavedra (Eds.), *Naturaleza y sociedad en el área maya* (pp. 53–68). Mérida, México: Academia Mexicana de Ciencias y Centro de Investigación Científica de Yucatán.

Ceccon E., I. Olmsted, C. Vázquez-Yanes y J. Campo-Alves. 2002. Vegetation and soil properties in two tropical dry forests of differing regeneration status in Yucatán. *Agrociencia* **36**: 621–631.

Challenger A. y J. Soberón. 2008. Los ecosistemas terrestres. En: J. Sarukhán, P. Koleff, J. Carabias, J. Soberón, R. Dirzo, J. Llorente-Bousquets, G. Halffter, R. González, I. March, A. Mohar, S. Anta, J. de la Maza (Eds.), *Capital Natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad* (pp. 87–108). México D.F, México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Challenger A. y R. Dirzo. 2009. Factores de cambio y estado de la biodiversidad. En: J. Sarukhán, P. Koleff, J. Carabias, J. Soberón, R. Dirzo, J. Llorente-Bousquets, G. Halffter, R. González, I. March, A. Mohar, S. Anta, J. de la Maza (Eds.), *Capital Natural de México, Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio* (pp. 37-73). México D.F, México.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Chao A., R. L. Chazdon, R.K. Colwell y T.-J. Shen. 2005. A new statistical approach for assessing compositional similarity based on incidence and abundance data. *Ecology Letters* **8**: 148-159.

Chiappy-Jhones C., V. Rico-Gray y L. Giddings. 2001. Floristic affinities between the Yucatán Peninsula and some karstic areas of Cuba. *Journal of Biogeography* **28**: 525–542.

Colwell R.K. 2013. EstimateS v 9.1.0: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Recuperado de:
<<http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/>>

CONANP Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2015. Reservas de la biosfera. Recuperado:
<http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/reservas_biosfera.php>

CONABIO Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2015. Malezas de México. Recuperado de:

<<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/2inicio/home-malezas-mexico.htm>>

- Contreras-Acosta H. 1998. Abejas nativas (Hymenoptera: Apoidea; Serie: Apiformes) de la reserva especial de la biosfera de Ría Lagartos, Yucatán, México. Tesis profesional, Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, México.
- Dahouh-Guebas F. y N. Koedam. 2006. Empirical estimate of the reliability of the use of the Point-Centred Quarter Method (PCQM): solutions to ambiguous field situations and description of the PCQM+ protocol. *Forest Ecology and Management* **228**: 1-18.
- Díaz-Gallegos J.R., O. Castillo-Acosta y G. García-Gil. 2002. Distribución espacial y estructura arborea de la selva baja subperennifolia en un ejido de la reserva de la biosfera Calakmul, Campeche, México. *Universidad y Ciencia* **18**(35):11–28.
- Dirzo R., H.S. Young, H.A. Mooney y G. Ceballos. 2011. *Seasonally dry tropical forest: ecology and conservation*. Washington, EUA: Island Press.
- DOF. 2000. Diario Oficial de la Federación 12 abril 2000. Recuperado de: <dof.gob.mx/nota_to_doc.php?codnota=2053285>
- Durán R., J.C. Trejo-Torres y G. Ibarra-Manríquez. 1998. Endemic phytotaxa of the Peninsula of Yucatan. *Harvard Papers in Botany* **3**(2): 263-314.
- Durán E., P. Balvanera, E. Lott, G. Segura, A. Pérez-Jiménez, A. Islas y M. Franco. 2002. Estructura, composición y dinámica de la vegetación. En: F.A. Noguera, J.H. Vega Rivera, A.N. García Aldrete y M. Quesada Avendaño (Eds.), *Historia Natural de Chamela* (pp. 443–472). México, D.F., México: Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- Durán R. e I. Olmsted. 1990. Plantas vasculares de Sian Ka'an. En: D. Navarro L. y J.G. Robinson (Eds.), *Diversidad biológica de la reserva de la biosfera de Sian Ka'an* (pp. 47–94). Chetumal, México: CIQRO.
- P, Simá, M. Juan-Qui, M. E. Méndez y F. Tun. 1999. *Listado florístico de la reserva de Ría Lagartos*. Mérida, México: Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C.
- G. Campos, J.C. Trejo, P. Simá y M. Juan-Qui. 2000. *Listado florístico de la Península de Yucatán*. Mérida, México: Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C.

- Durán-García R. y G. García-González. 2010. Distribución espacial de la vegetación. En: R. Durán y M.E. Méndez (Eds.), *Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán* (pp. 131–135). Mérida, México: CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA.
- y M.E. Méndez-González. 2010. Selva baja caducifolia con cactáceas candelabrifórmes. En: R. Durán y M.E. Méndez (Eds.), *Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán* (pp. 141–142). Mérida, México: CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA.
- Dupuy J.M., J.L. Hernández-Stefanoni, R.A. Hernández-Juárez, E. Tetetla-Rangel, J.O. López-Martínez, E. Leyequién-Abarca, F.J. Tun-Dzul y F. May-Pat. 2012. Patterns and correlates of tropical dry forest structure and composition in a highly replicated chronosequence in Yucatan, México. *Biotropica* **44** (2): 151-162.
- Dzib-Castillo B., C. Chantásig-Vaca y N.A. González-Valdivia. 2014. Estructura y composición en dos comunidades arbóreas de la selva baja caducifolia y mediana subcaducifolia en Campeche, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **85**: 167–178.
- Escárraga D.S. 2009. Estructura y composición de la selva baja caducifolia en la reserva estatal El Palmar y la reserva estatal Bocas de Dzilam. Tesis profesional, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, México.
- Ferrer-Cervantes M.E. 2004. Dinámica poblacional, abundancia y extracción potencial de la palma *Pseudophoenix sargentii* Wendl. ex Sarg. en la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos. Tesis profesional, Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, México.
- Fleishman E., R. F. Noss y B.R. Noon. 2006. Utility and limitations of species richness metrics for conservation planning. *Ecological Indicators* **6**: 543-553.
- Flores J.S. e I. Espejel. 1994. Tipos de vegetación de la Península de Yucatán. En: J.S. Flores (Ed.), *Etnoflora Yucateense* (pp. 1-35). Mérida, Yucatán: Universidad Autónoma de Yucatán.
- Flores-Guido J.S., R. García-Durán y J.J. Ortiz-Díaz. 2010. Comunidades vegetales terrestres. En: R. Durán y M.E. Méndez (Eds.), *Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán* (pp. 125-130). Mérida, México: CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA.

- Gallardo-Cruz J., J.A. Meave y E.A. Pérez-García. 2005. Estructura, composición y diversidad de la selva baja caducifolia del cerro Verde Nizanda (Oaxaca), México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **76**:19–35.
- Gauch H.G. 1982. *Multivariate analysis in community ecology*. Cambridge, Reino Unido: University Press.
- Gentry A.H. 1995. Diversity and floristic composition of neotropical dry forest. En: S.H. Bullock, H.A. Mooney y E. Medina (Eds.), *Seasonally dry tropical forest* (pp. 146-194). Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.
- Gillespie T.W., A. Grijalva y C.N. Farris. 2000. Diversity, composition, and structure of tropical dry forests in Central America. *Plant Ecology* **147**:37–47.
- González-Iturbe J.A., I. Olmsted y F. Tun-Dzul. 2002. Tropical dry forest recovery after long term Henequen (sisal, *Agave fourcroydes* Lem.) plantation in northern Yucatan, Mexico. *Forest ecology and management* **167**: 67–82.
- Gutiérrez-Báez C., J.J. Ortiz-Díaz, J. S. Flores-Guido y P. Zamora-Crescencio. 2012. Diversidad, estructura y composición de las especies leñosas de la selva mediana subcaducifolia del punto de union territorial (PUT) de Yucatán, México. *Polibotánica* **33**: 151- 174.
- Gutiérrez-Granados G., D.R. Pérez-Salicrup y R. Dirzo. 2011. Differential diameter-size effects of forest management on tree species richness and community structure: Implications for conservation. *Biodiversity and Conservation* **20**(7): 1571–1585.
- Halfpeter G. 2011. Reservas de la biosfera: problemas y oportunidades en México. *Acta Zoológica Mexicana* **27**: 177–189.
- Hansen A. y R. DeFries. 2007. Ecological mechanism linking protected areas to surrounding lands. *Ecological Applications* **17**(4): 974–988.
- Harris J.A. y R.J. Hobbs. 2001. Clinical practice for ecosystem health: the role of ecological restoration. *Ecosystem Health* **7**(4):195–202.
- Helm A., M. Zobel, A. T. Moles, R. Szava-Kovats y M. Pärtel. 2015. Characteristic and derived diversity: implementing the species pool concept to quantify conservation condition of habitats. *Diversity and Distributions* **21**: 711-721.
- Hernández-Stefanoni J.L., J.M. Dupuy, F. Tun-Dzul y F. May-Pat. 2011. Influence of landscape structure and stand age on species density and biomass of a tropical dry forest across spatial scales. *Landscape Ecology* **26**:355–370.

- Hobohm C. y C. M. Tucker. 2013. The increasing importance of endemism: responsibility, the media and education. En: C. Hobohm (Ed.), *Endemism in vascular plants* **9** (pp. 3-9), Serie Plant and Vegetation. The Netherlands: Springer Netherlands.
- Ibarra-Manríquez G., J.L. Villaseñor, R. Durán y J. Meave. 2002. Biogeographical analysis of the tree flora of the Yucatan Peninsula. *Journal of Biogeography* **29**: 17-29.
- Janzen D.H. 1988. Tropical dry forest: the most endangered major tropical ecosystem. En: E.O Wilson (Ed.), *Biodiversity* (pp. 130–137). Washintong, Estados Unido de América: National Academy of Science.
- Kalacska M., G.A. Sanchez-Azofeifa, J.C. Calvo-Alvarado, M. Quesada, B. Rivard y D.H. Janzen. 2004. Species composition, similarity and diversity in three successional stages of a seasonally dry tropical forest. *Forest Ecology and Management* **200**: 227–247.
- Keel S., A. H. Gentry y L. Spinzi. 1993. Using vegetation analysis to facilitate the selection of conservation sites in eastern Paraguay. *Conservation Biology* **7**(1): 66-75.
- Kennard D. K. 2002. Secondary forest succession in a tropical dry forest: patterns of development across a 50-year chronosequence in lowland Bolivia. *Journal of Tropical Ecology* **18**: 53-66.
- Kent M. y P. Coker. 1992. *Vegetation description and analysis: a practical approach*. Boca Raton, Estados Unidos de América: John Wiley & Sons.
- Koleff P., T. Urquiza-Hass y B. Contreras. 2012. Prioridades de conservación de los bosques tropicales en México: reflexiones sobre su estado de conservación y manejo. *Ecosistemas* **21** (1-2): 6-20.
- Lebrija-Trejos E. 2009. Tropical dry forest recovery: processes and causes of change. Tesis doctoral, Wageningen University. Wageningen, The Netherlands.
- Leirana-Alcocer J.L., S. Hernández-Betancourt, L. Salinas-Peba y L. Guerrero-González. 2009. Cambios en la estructura y composición de la vegetación relacionados con los años de abandono de tierras agropecuarias en la selva baja caducifolia espinosa de la reserva de Dzilam, Yucatán. *Polibotánica* **27**: 53–70.
- LGEEPA (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente). 2015. Diario Oficial de la Federación 09 de enero de 2015. Recuperado de:

<http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148_090115.pdf>

- Linares-Palomino R., A.T. Olivera-Filho y T. Pennington. 2011. Neotropical seasonally dry forest: diversity, endemism and biogeography of woody plants. En: R. Dirzo, H.S. Young, H.A. Mooney y G. Ceballos (Eds.), *Seasonally dry tropical forest: ecology and conservation* (pp. 3-20). Washington, Estados Unidos de América: Island Press.
- López-Toledo J.F., J.I. Valdez-Hernández, M.A. Pérez-Farrera y V.M. Cetina-Alcalá. 2012. Composición y estructura arbórea de un bosque tropical estacionalmente seco en la reserva de la biósfera La Sepultura, Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* **3**: 42-56.
- Lopez-Toledo L., G. Ibarra-Manríquez, D. F.R.P Burslem, E. Martínez-Salas, F. Pineda-García y M. Martínez-Ramos. 2012. Protecting a single endangered species and meeting multiple conservation goals: an approach with *Guaiaacum sanctum* in Yucatan Peninsula, Mexico. *Diversity and Distributions* **18**: 575-587.
- Lott E. 1985. *Listados florísticos de México IV. La estación de biología Chamela, Jalisco*, México. México D.F., México: Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Lott E., S.H. Bullock y A. Solís-Magallanes. 1987. Floristic diversity and structure of upland and arroyo forest of coastal Jalisco. *Biotropica* **19**(3): 228-235.
- Maass M., E. Jardel, A. Martínez-Yrizar, L. Calderón, J. Herrera, A. Castillo, J. Euán-Ávila y M. Equihua. 2010. Las áreas naturales protegidas y la investigación ecológica de largo plazo en México. *Ecosistemas* **19**(2):69-83.
- McCune B. y J.B. Grace. 2002. *Analysis of ecological communities*. Oregon, Estados Unidos de América: MjM Software Desing.
- McCune B. y M.J. Mefford. 2006. PC-ORD v 5.1 Multivariate analysis of ecological data. Oregon, Estados Unidos de América: MjM Software Design.
- Magurran A.E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. New Jersey, Estados Unidos de América: Princeton University Press.
- Márquez-Guzmán J., M. Collazo-Ortega, M. Martínez-Gordillo, A. Orozco-Segovia y S. Vázquez-Santana. 2013. *Biología de angiospermas*. México D.F., México: Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

- Martínez G. 2004. Efecto de la perturbación crónica sobre la integridad biológica de las comunidades vegetales de Concepción Buenavista, Oaxaca. Tesis profesional. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.
- Martínez E. y C. Galindo-Leal. 2002. La vegetación de Calakmul, Campeche, México: clasificación, descripción y distribución. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **71**: 7-32.
- Martínez-Yrizar A. 1995. Biomass distribution and primary productivity of tropical dry forest. En: S.H. Bullock, H.A. Mooney y E. Medina (Eds.), *Seasonally dry tropical forest* (pp. 326-345). Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.
- Matteucci S. y A. Colma. 1982. *Metodología para el estudio de la vegetación*. Washington, Estados Unidos de América: Organización de los Estados Americanos, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico.
- Meave J.A., M.A. Romero-Romero, S.H. Salas-Morales, E.A. Pérez-García y J.A. Gallardo-Cruz. 2012. Diversidad, amenazas y oportunidades para la conservación del bosque tropical caducifolio en el estado de Oaxaca, México. *Ecosistemas* **21**: 85-100.
- Méndez-Toribio M., J. Martínez-Cruz, J. Cortés-Flores, F.J. Rendón-Sandoval y G. Ibarra-Manríquez. 2014. Composición, estructura y diversidad de la comunidad arbórea del bosque tropical caducifolio en Tziritzicuaró, Depresión del Balsas, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **85**: 1117-1128.
- Miles L., A. C Newton, R. S. DeFries, C. Ravilious, I. May, S. Blyth, V. Kapos y J. E. Gordon. 2006. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography* **33**: 491-505.
- Miranda F. 1958. Estudios acerca de la vegetación. En: E. Beltrán (Ed.), *Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento Vol. II: Estudios particulares* (pp. 5-27). México, D.F., México: Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables.
- Miranda F. y E. Hernández-X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica Mexicana* **28**: 29-179.
- Mizrahi A., J.M. Ramos Prado y J. Jiménez-Osornio. 1997. Composition, structure and management potential of secondary dry forest in two abandoned henequen plantations of Yucatan, Mexico. *Forest Ecology and Management* **96**: 273-282.

- Monroy-Vilchis O. 2003. Principios generales de biología de la conservación. En: O. Sánchez, E. Vega, E. Peters y O. Monroy-Vilchis (Eds.), *Conservación de ecosistemas templados de montaña en México* (pp. 107-116). México, D.F., México: Instituto Nacional de Ecología.
- Mooney, H.A., Bullock, S.H. & Medina, E. 1995. Introducción. En: S.H. Bullock, H. Mooney y E. Medina (Eds.), *Seasonally dry tropical forest* (pp. 1-8). Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.
- Murphy P.G. y A.E. Lugo. 1986. Ecology of tropical dry forest. *Annual Review of Ecology and Systematics* **17**: 67-88.
- Murphy P.G. y A.E. Lugo. 1995. Dry forest of Central American and the Caribbean. En: S.H. Bullock, H. Mooney y E. Medina (Eds.), *Seasonally dry tropical forest* (pp. 9-34). Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.
- Newton A.C. y V. Kapos. 2002. Biodiversity indicators in national forest inventories. *Unasylva* **53**(210): 56-64.
- Newton A.C. 2007. *Forest ecology and conservation: a handbook of techniques*. Oxford, Reino Unido: Oxford University Press.
- Niembro-Rocas A. 2010. *Haematoxylum campechianum* L. En: J.A. Vozzo (Ed.), *Manual de semillas de arboles tropicales* (pp. 485-486). Washington, Estados Unidos de América: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos- Servicio Forestal.
- Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación 30 diciembre 2010. Recuperado de: <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf>
- Oliver I. 2002. An expert panel-based approach to the assessment of vegetation condition within the context of biodiversity conservation stage 1: the identification of conditions indicators. *Ecological Indicators* **2**: 223-237.
- Ortiz-Salgado D.A. 2013. Estructura y composición del estrato bajo del sotobosque del bosque tropical caducifolio en la región de Nizanda, Oaxaca: potencial para la regeneración natural de la vegetación. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., México.
- Osorio Beristain M. 2012. Origen, evolución y ecología de la selva seca. *Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos* **16**: 61-69.

- Paal J., K. Vellak, J. Liira y E. Karofeld. 2010. Bog recovery in northeastern Estonia after the reduction of atmospheric pollutant input. *Restoration Ecology* **18** (Suppl. S2): 387-400.
- Palma Pech G. 2009. Estructura y composición de la selva mediana subcaducifolia de Kabah y San Juan Bautista Tabí y anexa Sanicte, Yucatán. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, México.
- Parkes D., G. Newell y D. Cheal. 2003. Assessing the quality of native vegetation: the “habitat hectares” approach. *Ecological Management & Restoration* **4**: 29–38.
- Pennington T.D. y J. Sarukhán. 2005. *Árboles tropicales de México: manual para la identificación de las especies principales*. México D.F., México: Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial UNAM- Fondo de Cultura Económica.
- PCyMRBRL 2007. Programa de Conservación y Manejo de la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos. Recuperado de:
<http://www.conanp.gob.mx/anp/consulta/PCM_RiaLagartos.pdf>
- PMRBRC s.f. Programa de Conservación y Manejo de la Reserva de la Biosfera Ría Celestún. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado de:
<http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/pdf/programas_manejo/celestun.pdf>
- Peraza M.I. 2008. Estructura y composición de la selva baja caducifolia en dos áreas naturales protegidas en Yucatán, México. Tesis profesional. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, México.
- Peña Tun, M. A. 2013. Variación espacial y temporal de los murciélagos frugívoros y semillas de frutos consumidos en selvas de la Reserva de la Biosfera de Ría Lagartos, Yucatán. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, México.
- Pérez-García E.A., J.A. Meave y C. Gallardo. 2001. Vegetación y flora de la región de Nizanda, Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *Acta Botánica Mexicana* **56**: 19-88.
- Pérez-García E.A. y J.A. Meave. 2004. Heterogeneity of xerophytic vegetation of limestone outcrops in a tropical deciduous forest region in southern Mexico. *Plant Ecology* **175**: 147-163.

- Primack R.B. 2012. *A primer of conservation biology 5ª Edición*. Sunderland, Estados Unidos de América: Sinauer Associates.
- Possingham H.P., K.A. Wilson, S.J. Aldelman y C.H. Vynne. 2006. Protected areas: goals, limitations and design. En: M. J. Groom, G. K. Meffe y C. R. Carroll (Eds.), *Principles of conservation biology 3ª Edición* (pp. 509–552) Sunderland, Estados Unidos de América: Sinauer Associates.
- Quesada M., G. A. Sanchez-Azofeifa, M. Alvarez-Añorve, K. E. Stoner, L. Avila-Cabadilla, J. Calvo-Alvarado, A. Castillo, M. M. Espírito-Santo, M. Fagundes, G. W. Fernandes, J. Gamon, M. Lopezaraiza-Mikel, D. Lawrence, L. P. Cerdeira Morellato, J. S. Powers, F. de S. Neves, V. Rosas-Guerrero, R. Sayago y G. Sánchez-Montoya. 2009. Succession and management of tropical dry forest in the Americas: review and new perspectives. *Forest Ecology and Management* **258**: 1014- 1024.
- Ramírez-Viga T. K. 2011. Evaluación de la asociación micorrízica arbuscular en el mangle botoncillo *Conocarpus erectus* L. (Combretaceae) en la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán.
- Rico-Gray V., J.G. García-Franco, A. Puch y P. Sima, 1988. Composition and structure of a tropical dry forest in Yucatan, Mexico. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences* **14**: 21–29.
- Rico-Gray V. y J.G. García-Franco. 1992. Vegetation and soil seed bank of successional stages in tropical lowland deciduous forest. *Journal of Vegetation Science* **3**(5): 617–624.
- Rodríguez-Zúñiga M.T., 2000. Manglares de Celestún y Ría Lagartos: estructura fisonómica y evaluación de la deforestación mediante percepción remota Yucatán, México. Tesis profesional. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., México..
- Romero-Duque L.P., V.J. Jaramillo y A. Pérez-Jiménez. 2007. Structure and diversity of secondary tropical dry forests in Mexico, differing in their prior land-use history. *Forest Ecology and Management* **253**: 38–47.
- Ruiz-Barranco H. y J. Arellano-Morín. 2010. Áreas naturales protegidas. En: R. Durán y M. E. Méndez González (Eds.), *Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán* (pp. 414-419). Mérida, México: CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA.
- Rzedowski J. 1978. *Vegetación de México*. México D.F., México: Editorial Limusa.

- y G. Calderón de Rzedowski. 2013. Datos para la apreciación de la flora fanerogámica del bosque tropical caducifolio de México. *Acta Botánica Mexicana* **102**: 1-23.
- Sagar R., A.S. Raghubanshi y J.S. Singh. 2003. Tree species composition, dispersion and diversity along a disturbance gradient in a dry tropical forest region of India. *Forest Ecology and Management* **186**: 61–71.
- y J.S. Singh. 2005. Structure, diversity of tropical dry deciduous forest of northern India. *Biodiversity and Conservation* **14**(4): 935-959.
- y J.S. Singh. 2006. Tree density, basal area and species diversity in a disturbed dry tropical forest of northern India: implications for conservation. *Environmental Conservation* **33**(3): 256-262.
- Sánchez-Azofeifa G. y C. Portillo-Quintero. 2011. Extent and drivers of change of neotropical seasonally dry tropical forest. En: R. Dirzo, H.S. Young, H.A. Mooney y G. Ceballos (Eds.), *Seasonally dry tropical forest: ecology and conservation* (pp. 45-57). Washington, Estados Unidos de América: Island Press.
- Sánchez-Sánchez O. y G. Islebe. 2002. Tropical forest communities in southeastern Mexico. *Plant Ecology* **158**: 183-200.
- Santibáñez-Andrade G. 2015. Estado de conservación de la cuenca del río Magdalena: una evaluación a través de indicadores. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F., México.
- ,S. Castillo-Argüero, E.V. Vega-Peña, R. Lindig-Cisneros y J.A. Zavala-Hurtado. 2015. Structural equation modeling as a tool to develop conservation strategies using environmental indicators: the case of the forests of the Magdalena river basin in Mexico City. *Ecological Indicators* **54**: 124-136.
- Schultz G.P. 2003. Structure and diversity of the forests at the El Edén ecological reserve. En: A. Gómez-Pompa, M.F. Allen, S.L. Fedick y J.J. Jiménez-Osornio (Eds.), *The lowland maya area: three millennia at the human-wildland interface* (pp. 91–114). New York, Estados Unidos de América: Food Products Press/ The Haworth Press.
2005. Vascular flora of the El Edén Ecological Reserve, Quintana Roo, Mexico. *Journal of the Torrey Botanical Society* **132** (2): 311-322.
- SEDUMA Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente. 2015. Yucatán es...nuestra ecología. Recuperado de:

<<http://www.seduma.yucatan.gob.mx/flora/fichas-tecnicas/Chit.pdf>>

- Terrasón D., J.T. Urrutia, F. Ravera, E. Herrera, P. Andrés y J.M. Espelta. 2010. Conservation status of tropical dry forest remnants in Nicaragua: Do ecological indicators and social perception tally? *Biodiversity Conservation* **19**(3): 813–827.
- Trejo I. 1998. Distribución y diversidad de las selvas bajas de México: relaciones con el clima y el suelo. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F., México.
- y R. Dirzo. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. *Biological Conservation* **94**:133–142.
- y R. Dirzo. 2002. Floristic diversity of Mexican seasonally dry tropical forest. *Biodiversity and Conservation* **11**: 2063–2084.
- Urquiza-Hass T., P.M Dolman y C.A. Peres. 2007. Regional scale variation in forest structure and biomass in the Yucatan Peninsula, Mexico: effects of forest disturbance. *Forest Ecology and Management* **247**: 80–90.
- Vázquez-Yanes C. y A. Orozco. 1989. *La destrucción de la naturaleza*. México, D.F, México: Fondo de Cultura Económica.
- Vázquez-Yanes C., A.I. Batis Muñoz, M.I. Alcocer Silva, M. Gual Díaz y C. Sánchez Dirzo. 1998. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y reforestación. Reporte técnico del proyecto J084 CONABIO-Instituto de Ecología UNAM.
- White D.A. y C.S. Hood. 2004. Vegetation patterns and environmental gradients in tropical dry forests of northern Yucatan Peninsula. *Journal of Vegetation Science* **15**: 151–160.
- Zamora-Crescencio P., M. del R. Domínguez-Carrasco, P. Villegas, C. Gutiérrez-Báez, L.A. Manzanero-Acevedo, J.J. Ortega-Hass, S. Hernández-Mundo, E.C. Puc-Garrido y R. Puch-Chávez. 2011. Composición florística y estructura de la vegetación secundaria en el norte del estado de Campeche, México. *Boletín de la Sociedad Botánica Mexicana* **89**: 27–35.
- Zar J.H. 2010. *Biostatistical analysis* 5ª edición. New Jersey, Estados Unidos de América: Prentice Hall.
- Zobel M. 2015. The species pool concept as a framework for studying patterns of plant diversity. *Journal of Vegetation Science* **27** (1): 8-18.

ANEXOS

ANEXO 1. FORMULARIO

Estructura					
Variable	<p>Densidad: Número de individuos presentes en un área determinada.</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%; text-align: center;">Absoluta</th> <th style="width: 50%; text-align: center;">Relativa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <p>Número total de individuos entre el área total de la suma de todas las parcelas (3200m²).</p> $D = \frac{N}{A}$ <p>N= Número de individuos de una especie A= Área determinada</p> </td> <td> <p>Número de sus individuos expresado como un porcentaje del número total de individuos de todas las especies.</p> $Dr = \left(\frac{D_i}{\sum D_i} \right) \times 100$ <p>Di= Número de individuos de la especie i p = para todas las especies</p> </td> </tr> </tbody> </table>	Absoluta	Relativa	<p>Número total de individuos entre el área total de la suma de todas las parcelas (3200m²).</p> $D = \frac{N}{A}$ <p>N= Número de individuos de una especie A= Área determinada</p>	<p>Número de sus individuos expresado como un porcentaje del número total de individuos de todas las especies.</p> $Dr = \left(\frac{D_i}{\sum D_i} \right) \times 100$ <p>Di= Número de individuos de la especie i p = para todas las especies</p>
	Absoluta	Relativa			
	<p>Número total de individuos entre el área total de la suma de todas las parcelas (3200m²).</p> $D = \frac{N}{A}$ <p>N= Número de individuos de una especie A= Área determinada</p>	<p>Número de sus individuos expresado como un porcentaje del número total de individuos de todas las especies.</p> $Dr = \left(\frac{D_i}{\sum D_i} \right) \times 100$ <p>Di= Número de individuos de la especie i p = para todas las especies</p>			
	<p>Frecuencia: Probabilidad de encontrar a uno o mas individuos de una especie en el área muestreada.</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tbody> <tr> <td style="width: 50%;"> <p>Número de parcelas en donde la especie está presente, con respecto al total de parcelas muestreadas.</p> $F = \left(\frac{\sum P_i}{P_t} \right) \times 100$ <p>Pi= parcelas en las que aparece la especie Pt= total de parcelas muestreadas (en este caso 32)</p> </td> <td style="width: 50%;"> <p>Porcentaje de la suma de los valores de frecuencia de todas las especies.</p> $Fr = \left(\frac{F_i}{F_t} \right) \times 100$ <p>Fi= frecuencia de la especie Ft= total de frecuencias de todas las especies</p> </td> </tr> </tbody> </table>	<p>Número de parcelas en donde la especie está presente, con respecto al total de parcelas muestreadas.</p> $F = \left(\frac{\sum P_i}{P_t} \right) \times 100$ <p>Pi= parcelas en las que aparece la especie Pt= total de parcelas muestreadas (en este caso 32)</p>	<p>Porcentaje de la suma de los valores de frecuencia de todas las especies.</p> $Fr = \left(\frac{F_i}{F_t} \right) \times 100$ <p>Fi= frecuencia de la especie Ft= total de frecuencias de todas las especies</p>		
<p>Número de parcelas en donde la especie está presente, con respecto al total de parcelas muestreadas.</p> $F = \left(\frac{\sum P_i}{P_t} \right) \times 100$ <p>Pi= parcelas en las que aparece la especie Pt= total de parcelas muestreadas (en este caso 32)</p>	<p>Porcentaje de la suma de los valores de frecuencia de todas las especies.</p> $Fr = \left(\frac{F_i}{F_t} \right) \times 100$ <p>Fi= frecuencia de la especie Ft= total de frecuencias de todas las especies</p>				
<p>Dominancia. Estimada a través del área basal o la cobertura de la especie con respecto al área muestreada.</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tbody> <tr> <td style="width: 50%;"> <p>Área basal calculada a partir de la fórmula modificada del círculo a partir de la medición del PAP (perímetro a la altura del pecho) que es la medición del fuste del individuo a la altura de 1.30 m</p> <p>Área basal</p> $AB = \left(\frac{PAP^2}{4} \right) \pi$ <p>C=PAP Π= 3.1416</p> </td> <td style="width: 50%;"> <p>Cobertura</p> $C = \left(\frac{D_1 + D_2}{4} \right)^2$ <p>D1+D2= Diámetro principal y su perpendicular</p> </td> </tr> </tbody> </table>	<p>Área basal calculada a partir de la fórmula modificada del círculo a partir de la medición del PAP (perímetro a la altura del pecho) que es la medición del fuste del individuo a la altura de 1.30 m</p> <p>Área basal</p> $AB = \left(\frac{PAP^2}{4} \right) \pi$ <p>C=PAP Π= 3.1416</p>	<p>Cobertura</p> $C = \left(\frac{D_1 + D_2}{4} \right)^2$ <p>D1+D2= Diámetro principal y su perpendicular</p>			
<p>Área basal calculada a partir de la fórmula modificada del círculo a partir de la medición del PAP (perímetro a la altura del pecho) que es la medición del fuste del individuo a la altura de 1.30 m</p> <p>Área basal</p> $AB = \left(\frac{PAP^2}{4} \right) \pi$ <p>C=PAP Π= 3.1416</p>	<p>Cobertura</p> $C = \left(\frac{D_1 + D_2}{4} \right)^2$ <p>D1+D2= Diámetro principal y su perpendicular</p>				
<p>Área basal</p> $ABr = \left(\frac{AB_i}{\sum AB_i} \right) \times 100$ <p>ABi =área basal de la especie i p = para todas las especies</p> <p>Cobertura</p> $Cr = \left(\frac{C_i}{C_t} \right) \times 100$ <p>Cr= cobertura de los individuos de una especie Ct = cobertura total de los individuos de todas las especies</p>					
<p>Valor de Importancia Relativa (VIR)= Densidad relativa+ Frecuencia relativa+ Dominancia relativa</p>					

Medidas de diversidad

Diversidad alfa (α)

Índice de Shannon-Weiner

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

p_i = abundancia proporcional de la especie i

Su equitatividad

$$J = \frac{H'}{\ln(S)}$$

H' = valor del índice de Shannon

$\ln(S)$ = logaritmo natural de S (número de especies observadas)

Diversidad beta (β)

Índice de Sørensen

$$S = \frac{2C}{A + B}$$

Dónde:

C = Número total de especies comunes en ambos sitios

A = Número de especies exclusivas en el sitio 1

B = Número de especies exclusivas en el sitio 2.

El valor va de 0 a 1, donde la unidad significa que ambas muestras son iguales; es decir, no existe intercambio de especies entre ellas (no hay β diversidad) y cero representa la máxima diversidad β entre las dos muestras (no comparten especies).

ANEXO 3. LISTADO FLORÍSTICO DE LA SELVA BAJA CADUCIFOLIA EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA RÍA LAGARTOS

Valor de Importancia Relativa

Familia	Especie	Ría Lagartos	Cuyo
Acanthaceae	<i>Ruellia nudiflora</i> (Engelm. & A. Gray) Urb.	2.43	
	<i>Aphelandra scabra</i> (Vahl) Sm.	9.00	1.011
	<i>Bravaisia berlandieriana</i> (Nees) T.F. Daniel		14.00
	<i>Justicia carthaginensis</i> Jacq.		
Agavaceae	<i>Agave angustifolia</i> Haw.	5.00	
Amaranthaceae	<i>Gomphrena serrata</i> L.	1.65	
Anacardiaceae	<i>Metopium brownei</i> (Jacq.) Urb.		1.74
Annonaceae	<i>Sapranthus campechianus</i> (Kunth) Standl.		1.00
Apocynaceae	<i>Cascabela gaumeri</i> (Hemsl.) Lippold		3.37
	<i>Plumeria alba</i> L.		1.18
	<i>Plumeria rubra</i> L.	0.54	
Areaceae	<i>Sabal yapa</i> C. Wright. ex Becc.		9.00
	<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.		5.00
	<i>Chamaedorea seifrizii</i> Burret		0.66
	* <i>Thrinax radiata</i> Lodd. ex Schult. & Schult. f.		4.09
Asteraceae	<i>Flaveria linearis</i> Lag.	1.02	
	<i>Porophyllum punctatum</i> (Mill.) S.F. Blake		0.51
	<i>Bidens pilosa</i> L.	1.26	
	<i>Viguiera dentata</i> (Cav.) Spreng.	1.06	
Bignoniaceae	<i>Dolichandra unguis-cati</i> (L.) L.G.Lohmann.	0.97	
	<i>Parmentiera millspaughiana</i> L.O. Williams.	4.00	
	<i>Bignonia diversifolia</i> Kunth	1.40	5.00
	<i>Crescentia cujete</i> L.		1.51
Boraginaceae	<i>Bouyeria pulchra</i> (Millsp.) Millsp. ex Green.	e	0.52
	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken.	1.61	
	<i>Cordia dodecandra</i> A.DC.		0.58
	<i>Cordia sebestena</i> L.		1.36
	<i>Cordia bullata</i> var. <i>globosa</i> (Jacq.) Govaerts	2.04	
Bromeliaceae	<i>Bromelia pinguin</i> L.	4.00	0.58
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	2.01	2.79

Cactaceae	<i>Acanthocereus tetragonus</i> (L.) Hummelinck		2.97	
	* <i>Pterocereus gaumeri</i> (Britton & Rose) Th. MacDoug. & Miranda	<i>e</i>	0.81	
	<i>Stenocereus laevigatus</i> (Salm-Dyck) Buxb.		0.80	
	<i>Nopalea gaumeri</i> Britton & Rose.	<i>e</i>	2.61	
	<i>Nopalea inaperta</i> Schot ex Griffiths.	<i>e</i>	2.45	
	<i>Opuntia stricta</i> (Haw.) Haw.		6.00	
Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume.			0.89
Capparaceae	<i>Capparis flexuosa</i> (L.) L.		5.00	0.54
	<i>Forchhammeria trifoliata</i> Radlk.		1.14	
Celastraceae	<i>Crossopetalum gaumeri</i> (Loes.) Lundell	<i>e</i>	1.74	
Clusiaceae	<i>Clusia rosea</i> Jacq.			1.34
Commelinaceae	<i>Commelina diffusa</i> Burm. f.		0.71	
Convolvulaceae	<i>Ipomoea crinicalyx</i> S. Moore		2.68	
Cyperaceae	<i>Fimbristylis spadicea</i> (L.) Vahl			2.84
Ebenaceae	<i>Diospyros anisandra</i> S.F. Blake	<i>e</i>	3.00	10.00
	<i>Diospyros tetrasperma</i> Sw.		8.00	10.00
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum confusum</i> Britton			10.00
Euphorbiaceae	<i>Croton arboreus</i> Millsp.		3.00	4.34
	<i>Croton flavens</i> L.		1.65	1.40
	<i>Croton humilis</i> L.			0.78
	<i>Croton punctatum</i> Rich.			0.53
	<i>Euphorbia personata</i> (Croizat) V.W. Steinm.		0.54	
	<i>Gymnanthes lucida</i> Sw.		0.69	0.78
	<i>Jatropha gaumeri</i> Greenm.		4.00	1.03
	<i>Cnidocolus aconitifolius</i> (Mill.) I.M. Johnst.		2.58	
Fabaceae	<i>Caesalpinia gaumeri</i> Greenm.			4.49
	<i>Caesalpinia yucatanensis</i> Greenm.	<i>e</i>		8.00
	<i>Diphysa carthagenensis</i> Jacq.		11.00	6.00
	<i>Erythrina standleyana</i> Krukoff		4.00	0.51
	<i>Haematoxylum campechianum</i> L.		15.00	18.00
	<i>Lonchocarpus rugosus</i> Benth.			3.86
	<i>Lonchocarpus xuul</i> Lundell.		5.00	5.00
	<i>Lonchocarpus yucatanensis</i> Pittier	<i>e</i>	0.64	

	<i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.) Benth.		0.52
	<i>Mimosa bahamensis</i> Benth.	0.88	3.63
	<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.	1.15	2.27
	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	11.00	0.53
	<i>Pithecellobium winzerlingii</i> Britton & Rose	1.35	5.00
	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) Dc.	0.57	
	<i>Senna atomaria</i> (L.) H.S. Irwin & Barneby	2.25	
	<i>Senna villosa</i> (Mill.) H.S. Irwin & Barneby	3.10	
	<i>Vigna candida</i> (Vell.) Maréchal, Mascherpa & Stainier		0.64
	<i>Acacia cornigera</i> (L.) Willd.	1.05	3.38
	<i>Acacia dolichostachya</i> S.F. Blake	8.00	
	<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	2.26	
	<i>Acacia pennatula</i> (Schltdl. & Cham.) Benth.	7.00	1.09
	<i>Acaciella angustissima</i> (Mill.) Britton & Rose	1.64	
	<i>Bauhinia divaricata</i> L.	1.53	1.21
	<i>Havardia albicans</i> (Kunth) Britton & Rose	4.00	3.76
Lamiaceae	<i>Vitex gaumeri</i> Greenm.	0.49	1.13
Lauraceae	<i>Nectandra coriacea</i> (Sw.) Griseb.	1.49	2.08
	<i>Nectandra salicifolia</i> (Kunth) Nees		1.44
Malpighiaceae	<i>Bunchosia swartziana</i> Griseb.	14.00	3.63
	<i>Malpighia glabra</i> L.	0.77	6.00
	<i>Malpighia lundellii</i> C. V. Morton		1.88
Malvaceae	<i>Ceiba aesculifolia</i> (Kunth) Britten & Baker f.		2.55
	<i>Sida acuta</i> Burm. f.	4.00	0.54
	<i>Sida cordifolia</i> L.	4.00	1.64
	<i>Bakeridesia gaumeri</i> (Standl.) D.M. Bates	13.00	
	<i>Cienfuegosia yucatanensis</i> Millsp.	1.33	
	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	0.49	25.00
	<i>Hampea trilobata</i> Standl.	6.00	6.00
	<i>Helicteres baruensis</i> Jacq.	3.04	
	<i>Malvaviscus arboreus</i> Cav.	1.70	
Meliaceae	<i>Trichilia hirta</i> L.		2.02
Moraceae	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud.		0.51
Myrtaceae	<i>Eugenia axillaris</i> (Sw.) Willd.		1.33
Nolinaceae	* <i>Beaucarnea pliabilis</i> (Baker) Rose.	1.33	
Nyctaginaceae	<i>Neea psychotrioides</i> Donn. Sm.	4.00	

Orchidaceae	<i>Oeceoclades maculata</i> (Lindl.) Lindl.		0.75
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus acuminatus</i> Vahl	0.50	
	<i>Phyllanthus mocinianus</i> Baill.		0.51
Phytolaccaceae	<i>Rivina humilis</i> L.		0.99
Poaceae	<i>Lasiacis divaricata</i> (L.) Hitchc.	0.59	1.40
	<i>Paspalum langei</i> (E. Fourn.) Nash.		0.71
Polygonaceae	<i>Coccoloba barbadensis</i> Jacq.		3.11
	<i>Coccoloba cozumelensis</i> Hemsl.	2.98	6.00
	<i>Coccoloba spicata</i> Lundell		0.89
	<i>Gymnopodium floribundum</i> Rolfe	16.00	1.12
	<i>Neomillspaughia emarginata</i> (H. Gross) S.F Blake.	e	2.44
Primulaceae	<i>Ardisia escallonioides</i> Schlttdl. & Cham.	3.00	2.99
	<i>Bonellia flammea</i> (Millsp. ex Mez) B. Ståhl & Källersjö	0.99	3.89
	<i>Bonellia sak-lol</i> (Carnevali, Hern.-Aguil. & Tapia-Muñoz)		3.72
	Carnevali, Hern.-Aguil. & Tapia-Muñoz		
Rhamnaceae	<i>Karwinskia humboldtiana</i> (Schult.) Zucc.		0.66
	<i>Ziziphus yucatanensis</i> Standl.	e	4.00
Rubiaceae	<i>Randia aculeata</i> L.	2.15	4.42
	<i>Randia longiloba</i> Hemsl.	e	3.00
	<i>Randia obcordata</i> S. Watson.	1.34	9.00
	<i>Randia truncata</i> Greenm. & C.H. Thomps.	e	0.72
	<i>Spermacoce verticillata</i> L.	1.23	
Rutaceae	<i>Esenbeckia pentaphylla</i> (Macfad.) Griseb.	2.85	1.20
Sapindaceae	<i>Paullinia tomentosa</i> Jacq.		1.28
	<i>Serjania goniocarpa</i> Radlk.	1.93	
	<i>Talisia oliviformis</i> (Kunth) Radlk.	2.04	10.00
	<i>Thouinia paucidentata</i> Radlk.		3.01
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum mexicanum</i> Brandegee ex Standl.	1.19	3.02
	<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen		8.00
	<i>Sideroxylon celastrinum</i> (Kunth) T.D. Penn.		0.82
Verbenaceae	<i>Duranta erecta</i> L.		3.59
	<i>Lantana camara</i> L.	0.81	
Zigophyllaceae	* <i>Guaiacum sanctum</i> L.	20.00	0.55

4 *e* Especie reportada como endémica para la Península de Yucatán (Durán *et al.*, 1998; Carnevali *et*
5 *al.*, 2010).

6

7

8

9

10

11

12