



El Colegio de la Frontera Sur

Diversidad florística de la selva inundable de Calakmul

Tesis

presentada como requisito parcial para optar al grado de
Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural
Con orientación en Manejo y Conservación de los Recursos Naturales

Por

Websters Alfonso Chiquini Heredia

2016

Dedicatoria

A mi esposa Damaris, por estar presente con paciencia a lado mío, mis horas de desvelo fueron igual tuyas.

A mi hija Laila, como una prueba que con dedicación y esfuerzo se obtiene lo que se desea. Te dejo la consigna de superarme en mis logros.

A mis padres Landy y Julian, como una prueba más de los valores y enseñanzas que me inculcaron, siéntanse orgullosos.

A mis hermanos y hermana, como muestra de que si lo desean lo pueden lograr, he aquí el ejemplo.

A mis Suegros Conchi y Jose, por sus palabras de aliento y motivación constante.

A mi Cuñada Mima, por el apoyo incondicional brindado.

Este logro es igualmente suyo.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para realizar los estudios de Posgrado. Al Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) por el apoyo económico otorgado del programa de apoyo de tesis de maestría (PATM).

A los comisarios ejidales y pobladores de los ejidos en que se trabajó, por el trato cálido y ameno que brindaron. A Demetrio y Manuel por el apoyo en el trabajo de campo y la identificación de las especies. Al SIBE especialmente a Maria Elena Martinez Pérez, por el apoyo en la búsqueda del material bibliográfico y la pronta respuesta a las peticiones de libros existentes en otras unidades. A Willy, por las pláticas amenas durante la llegada a ECOSUR y sus motivaciones. A Jose por el apoyo en el trabajo de campo, nunca olvidare a las abejas.

A los integrantes de mi comité tutelar, Dra. Ligia, Dra. Aixchel y Dr. Yuri, por permitirme trabajar a mi modo, pero siempre bajo su constante supervisión.

A mis sinodales el Dr. Noel Antonio González Valdivia, Mtro. Gonzalo Hernandez García y el Dr. Rafael Reyna Hurtado, por sus comentarios y observaciones que permitieron mejorar considerablemente el documento.

A mis compañeros de generación Jari, Rosa, Ana, Lulú, Wences, Pavel, Guada, Mariana, Martha, Dani, Rubén, Luciano, Marcos, Melina y otros muchos que no recuerdo ahora, por los momentos gratos y no gratos que me hicieron pasar, pero que volvería a vivir.

A todos ¡Gracias!

Índice

| | |
|--|----|
| Capítulo I. Marco teórico | 7 |
| 1.1 Introducción | 7 |
| 1.2 Área de estudio | 10 |
| 1.3 Antecedentes | 13 |
| 1.4 Justificación | 15 |
| 1.5 Planteamiento del problema | 16 |
| 1.6 Objetivos..... | 18 |
| 1.7 Hipótesis..... | 18 |
| Capítulo II. Estructura y diversidad en la selva inundable al centro y sur de Calakmul . | 19 |
| 2.1 Escrito enviado a la revista <i>Ecosistemas y Recursos agropecuarios</i> | 19 |
| Capítulo III. Conclusiones..... | 42 |
| Literatura citada..... | 45 |

Resumen

La Selva Inundable es la vegetación que se desarrolla sobre terrenos que se inundan de forma temporal o permanentemente, por lo general se localizan a las orillas de ríos o cuerpos de agua, aunque igualmente se pueden encontrar Selvas Inundables donde la única fuente de agua es la lluvia. Como ejemplo se tienen las Selvas Inundables del Municipio de Calakmul, conocida en la región como bajos inundables o vegetación de *Ak'alches*, este tipo de vegetación ha sido poco explorada y los últimos trabajos publicados resaltan su valor ecológico como fuente de agua y áreas de refugio para diferentes especies de fauna. Con la finalidad de describir la estructura y composición de especies arbóreas en selva inundable, se establecieron nueve sitios de muestreo en diferentes comunidades al centro y sur del municipio de Calakmul, se censaron un total de 2 212 individuos, en 112 especies y 36 familias. El área basal varió entre 17.55 m² ha⁻¹ (Arroyo Negro) y 35.13 m² ha⁻¹ (Carlos A. Madrazo). Las especies con mayor valor de importancia fueron *Coccoloba reflexiflora*, *Gymnanthes lucida*, *Haematoxylum campechianum*, *Manilkara zapota*, *Matayba oppositifolia*, *Metopium brownei* y *Sebastiania adenophora*. La mayor similitud se presentó entre los sitios al centro del municipio Centauro del Norte, Ley de Fomento Agropecuario, Nuevo Conhuas y Narciso Mendoza. Los sitios al sur mostraron una mayor dominancia de especies. La estructura horizontal de la vegetación fue similar en todos los sitios, agrupándose la mayor cantidad de individuos (más del 50 %) en las primeras categorías diamétricas (2.5 a 8.4 cm). La estructura vertical también presentó un comportamiento semejante entre sitios, concentrándose el 50 % de los individuos entre los 5 a 10 m. La Selva Inundable alberga especies que son prioritarias de conservación y por su bajo número de individuos con características comerciales, no son viables para programas de aprovechamiento, teniendo mejor aptitud para implementar programas de conservación.

Palabras clave: Ak'alches, Carso, diversidad florística, municipio de Calakmul, selvas inundables, valor de importancia relativa.

Capítulo I. Marco teórico

1.1 Introducción

La importancia ecológica de una comunidad vegetal radica en las funciones y servicios que brindan a la humanidad (suministro, captura de carbono, regulación de la temperatura, turismo entre otros) y a las especies de fauna que las habitan (áreas de refugio, anidación, reproducción, por mencionar algunos) (Balvanera 2012). Los países tropicales son los más diversos del planeta, ya que acumulan un alto porcentaje de las especies de fauna y flora presentes en el planeta, así como las extensiones más grandes de bosques y selvas (Chivian 2002).

México cuenta con una amplia variedad de flora y fauna (10% de la diversidad biológica del planeta) y es uno de los países más diversos del mundo, ya que por su ubicación geográfica, cuenta con una amplia variedad de climas y suelos, permitiendo que se desarrollen diferentes tipos de selvas. Al sureste del país se encuentran los parches de vegetación con la mayor extensión, conformada por matrices heterogéneas de diferentes tipos de vegetación (Martínez y Galindo 2002).

Las selvas enfrentan un acelerado proceso de degradación, ocasionando que se pierda la diversidad de un lugar a tasas mayores que las naturales a consecuencia de las actividades humanas, como el cambio en el uso del suelo, la fragmentación del hábitat y la explotación de especies, sumándose los cambios ambientales a nivel global como el aumento en los periodos de secas y la disminución en la precipitación (Gitay et al. 2002).

Durante las últimas décadas existen mayores esfuerzos a nivel internacional por conservar los recursos naturales. Uno de los grandes retos para la conservación de la diversidad es definir las áreas prioritarias que se deben conservar, en qué áreas se podría aplicar algún tipo de manejo ambiental o que superficies tienen vocación para el establecimiento de asentamientos humanos. Desgraciadamente, la mayoría de los programas de clasificación territorial, son elaborados a una escala que subestima el valor ecológico de áreas más pequeñas que tienen alto valor ecológico y ambiental, permitiendo que estas extensiones de terreno se modifiquen. Un claro ejemplo de esto es la selva inundable (SI de aquí en adelante), al ser un ecosistema que brinda una

amplia variedad de servicios ambientales (protección, provisión, refugio, abastecimiento, entre otros) para una amplia variedad de fauna. Asimismo es uno de los ecosistemas que tendría mayor afectación antes los cambios ambientales (aumento en los periodos de sequía o disminución de los rangos de precipitación), principalmente si se modifican las condiciones que permiten la inundación del sitio en el que se desarrolla (Pérez et al. 2013).

El concepto de SI hace referencia a la vegetación que se desarrolla en suelos que logran anegarse en alguna época del año. Generalmente la SI se encuentra asociada a algún cuerpo de agua (rio, lago, costa, etc.). Al sureste de México, al tipo de suelo en el cual se desarrolla la SI se le conoce como *Ak'alche* terminología maya, proveniente de las palabras *akal*, pantano, estanque o aguada, y *che*, árbol o vegetación, internacionalmente el suelo se clasifica dentro del grupo de los gleysoles. Igualmente a la SI se le conoce como “bajos” o “vegetación de bajos” por desarrollarse en las partes bajas que por lo general tienen forma cóncava (Palacio-Aponte et al. 2002). La especie representativa de la SI es *Haematoxylum campechianum* aunque la especie dominante puede variar entre sitios (Tun-Dzul et al. 2008; Martínez y Galindo-Leal 2002; Palacio-Aponte et al. 2002).

Así mismo la SI puede desarrollarse en lugares donde la única fuente de agua es la lluvia, aumentando su valor ecológico, llegando a ser considerados humedales terrestres, por servir como áreas de anidación, refugio y/o reproducción para múltiples especies de fauna particularmente durante la temporada de sequía (Palacio-Aponte et al. 2002). Un caso particular es el municipio de Calakmul, que tiene la característica peculiar de poder albergar parches de SI en un medio físico en el cual no se esperaría que esta vegetación se desarrollara, debido a que el suelo del municipio por sus características geológicas, tiene una baja capacidad de retener agua, limitando la inundación.

La SI del municipio de Calakmul, ha sido poco estudiada y los últimos trabajos publicados realizados al norte y centro del municipio han comenzado a destacar la importancia ecológica que tiene la SI, por albergar una gran cantidad de especies de

flora y fauna (Tun-Dzul et al. 2008; Brown 2005; Reyna-Hurtado y Tanner 2005; Martínez y Galindo Leal 2002; Palacio-Aponte et al. 2002; Barthlott et al. 2001).

Desafortunadamente, la información existente no es suficiente para lograr entender los procesos ecológicos y la dinámica de recuperación de la SI, por ello se debe contar con mayor información que permita estimar el impacto y los problemas que ocasionan las actividades humanas que puedan afectar los servicios ecológicos de la SI. Como primer paso se debe de contar con un marco de referencia de las especies que componen actualmente la SI en las diferentes zonas del municipio y con ello poder determinar si existe variación en la composición de especies, entre los parches de SI al norte, centro y sur del municipio, lo que permitiría tener una idea más clara de los beneficios ecológicos (tomando como referencia la/s especie/s dominante/s y su estructura) que provee la SI.

En las zonas centro y sur del municipio de Calakmul se está agravando el problema de colonización humana y cambios en el uso del suelo, influenciado por el establecimiento de nuevos núcleos poblacionales, por lo que son las áreas del municipio que tendrán un mayor disminución en su cubierta vegetal y como consecuencia una mayor pérdida de servicios ambientales.

La finalidad de este documento es generar información para conocer la diversidad y dominancia de especies arbóreas que componen actualmente la SI, al centro y sur de Calakmul con la finalidad de complementar la información existente y tener un mejor conocimiento sobre la SI en esta región. Con esta información se podrán generar e implementar estrategias de manejo o conservación que puedan mantener los servicios y funciones que provee la SI.

1.2 Área de estudio

El municipio de Calakmul (figura 1) se encuentra ubicado en el sureste del estado de Campeche entre los paralelos 90°14' O y 89°7' O y los meridianos 19°9' N y 17°48' N. Calakmul es parte de la Planicie Yucateca y del Petén Guatemalteco tiene una altitud promedio de 200 msnm. Las partes más altas con elevaciones de hasta 390 msnm se encuentran al centro del municipio (meseta de Zoh- Laguna). Las partes más bajas tienen altitudes de hasta 27 msnm y se distribuyen en la parte sureste y noroeste del municipio (García-Gil et al. 2002; Galindo-Leal 1999).

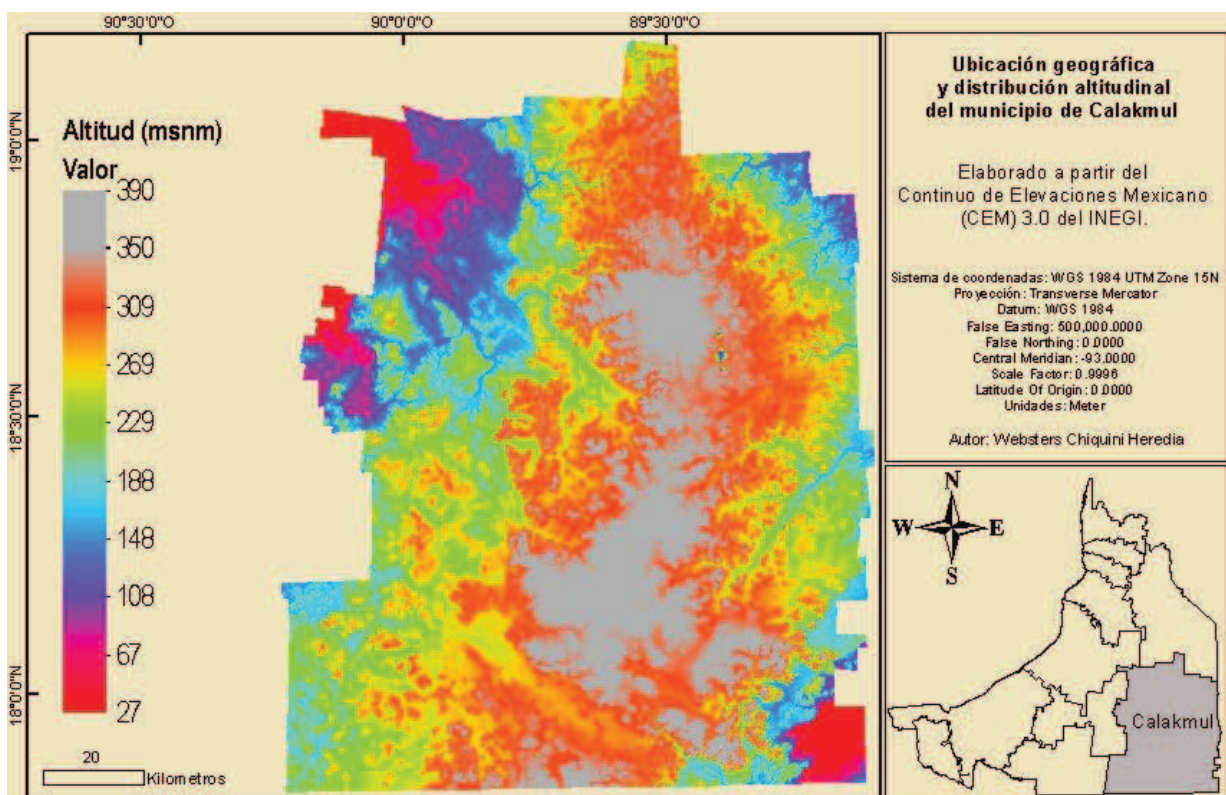


Figura 1. Ubicación geográfica y distribución altitudinal del municipio de Calakmul que muestra la ubicación de las áreas más altas y bajas en el municipio. Elaborado a partir del Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM) 3.0 del INEGI.

Geológicamente el municipio está conformado con roca caliza de dureza blanda cuya composición es carbonato de calcio (CaCO_3) en más del 60% y muy pobre en fierro, sílice y aluminio. Esto ocasiona baja capacidad de formación de arcillas, por lo que la capa de materia orgánica en los suelos del municipio es delgada (menor a 60 cm de profundidad) con una alta disponibilidad de los nutrientes para su reincorporación a los procesos ecológicos, lo que permite una alta diversidad vegetal en estos suelos. Al ser

suelos blandos la fácil disolución de la caliza por el efecto de las lluvias, crea canales muy profundos por lo que las corrientes hidrológicas en el municipio son subterráneas ocasionando un déficit hidrológico en el municipio (García-Gil et al. 2002).

El clima del municipio es cálido subhúmedo con temperatura anual promedio de 24.6 °C (Martínez y Galindo-Leal 2002) con un gradiente de humedad que va disminuyendo de sureste a noroeste. Este gradiente de humedad es ocasionado por la meseta de Zoh-Laguna, que sirve de barrera al interceptar los vientos húmedos del sureste, al mismo tiempo que crea una sombra orográfica en las laderas y planicies de ambos lados de la meseta, haciendo que al sureste del municipio se encuentren las selvas mejor desarrolladas y al noroeste del municipio la vegetación que tolera un ambiente más seco (Martínez y Galindo-Leal, 2002).

La temporada de lluvias comprende los meses de junio a noviembre con una precipitación media anual de 1,076.2 mm, siendo mayor al sur del municipio con hasta 2,000 mm al año (Díaz-Gallegos et al. 2002; Martínez y Galindo-Leal, 2002; García-Gil et al. 2001). Aunque el suelo del municipio tiene baja capacidad de retener agua, durante la temporada de lluvias, la saturación del suelo puede crear corrientes superficiales temporales que logran desplazar los sedimentos orgánicos hacia las partes más bajas. Ocasionalmente que la vegetación siga un patrón altitudinal, donde la vegetación más seca se encuentra en las áreas con mayor altitud y la vegetación más húmeda en las áreas más bajas. Este patrón se debe al acumulamiento de los sedimentos que modifican las propiedades del suelo permitiendo una mayor capacidad de retención de agua (Palacio-Aponte et al. 2002; Frangi y Lugo 1985).

Toda la heterogeneidad climática y fisiográfica permite que el municipio muestre un mosaico de diferentes comunidades vegetales, que van desde selvas altas, medianas y bajas subperennifolias, selvas medianas subcaducifolias, selvas bajas caducifolias hasta palmares y sabanas (Galindo-Leal 1999).

El municipio fue modificado por el establecimiento de ciudades mayas durante más de 1,000 años. Después de varios siglos de abandono, alrededor del siglo XIX por segunda vez, se inicia un proceso de colonización humana en la región influenciado por las actividades de explotación maderable al ser una región muy rica en recursos

forestales, ya que se tenía una gran diversidad de especies de gran demanda comercial como: la caoba (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrela odorata*), tinto o palo de Campeche (*Haematoxylum campechianum*), el zapote (*Manilkara zapote*) y el pucté (*Bucida buceras*). En los años 60's surge un movimiento de colonización con población proveniente de otros estados de la república mexicana, que llegó a la región con costumbres y culturas muy heterogéneas. Actualmente debido a este proceso existe población de 23 estados de la república en el municipio (García-Gil y Pat-Fernández 2000).

Sin embargo aunque existe el problema de expansión humana y cambio de uso de suelo, el municipio alberga una de las superficies forestales continuas más extensa de México, junto con Chiapas y Oaxaca. De la misma forma su ubicación le confiere una importancia ecológica reconocida a nivel internacional, al servir como conector biológico con las masas forestales de Guatemala y Belice (Martínez y Galindo-Leal 2002).

La Reserva de la Biosfera de Calakmul (REBICA) fue decretada en 1989 y aceptada por el sistema de reservas de la UNESCO en 1993. Recientemente el área sur de la REBICA recibió el reconocimiento de Patrimonio Mixto de la Humanidad que otorga la UNESCO, recalcando tanto el valor cultural como el natural de la zona, por representar una evidencia excepcional de la civilización Maya y la forma en que manejaron su entorno natural.

1.3 Antecedentes

El primer trabajo que se conoce, en el que se comienza a manejar el concepto de selva inundable, es el publicado por Standley (1930). En el documento se menciona que las características del suelo y los periodos temporales de inundación son características particulares de estas selvas.

Lundell (1934) denomina a las selvas inundables como “Vegetación de bajos” en el Petén de Guatemala o “tíntales”, asociados con *Manilkara zapota*, *Bucida buceras* y *Coccoloba cozumelensis* y hace una relación entre la vegetación de bajos y el tipo de suelo conocido como *Ak'alche* terminología maya, derivada de las palabras *Akal*, pantano, estanque o aguada, y *che*, árbol o vegetación, refiriéndose a depresiones del terreno inundadas temporal o permanentemente.

Miranda (1958) la denomina con el nombre de “tintal” que se desarrolla en “bajos” u hondonadas de suelo profundo e inundable. La describe como selva baja subdecidua (equivalente a la selva subcaducifolia nombrada por Miranda y Hernández en 1963) caracterizada por el dominio del palo de tinte (*Haematoxylum campechianum*), chechem negro (*Metopium brownei*), chechem blanco (*Cameraria latifolia*) y pucté (*Bucida buceras*).

Miranda y Hernández (1963) clasifican a este tipo de selvas como baja subperennifolia pasando a veces a subcaducifolia usando como indicador el porcentaje de los individuos que pierden sus hojas en la época de secas. En la península de Yucatán suelen hallarse en relación con hondonadas de suelos profundos, margosos, llamadas “bajos”, que se inundan temporalmente.

Martínez y Galindo-Leal (2002) realizan una descripción sobre los bajos inundables en el Municipio de Calakmul, concluyendo que existe una alta heterogeneidad en la composición de especies entre los bajos inundables. Esto se lo atribuyen a los aspectos físicos del sitio como la altitud y las diferencias de humedad que se pueden observar en el municipio, así como a la influencia de las actividades humanas durante el auge de la extracción maderera en el municipio.

Palacio Aponte et al. (2002) definen a las selvas inundables como parte de un sistema hidrológico desde una visión de paisaje. Señalan que este tipo de ecosistema existe

funcionalmente gracias al estrecho vínculo entre los gradientes altitudinales circundantes (lomeríos adyacentes, planicies onduladas y torrenteras) y las partes bajas o receptoras (planicies de acumulación inundables), por lo que no se restringen a planicies acumulativas con suelos periódicamente inundados.

Moreno Casasola e Infante (2009) definen a las selvas inundables como “una comunidad arbórea que se localiza en las planicies inundables que por lo general están asociadas a algún cuerpo de agua”.

1.4 Justificación

Las SI tienen un valor ecológico muy grande al ofrecer refugio para especies de fauna como el tapir (*Tapirus bairdii*) y el pecarí de labios blancos (*Tayassu pecari*) (Reyna-Hurtado y Tanner 2005) o áreas de anidación y reproducción para especies como la serpiente de cascabel (*Crotalus durissus*) o fuente de alimento para especies como el jaguar (*Panthera onca*) (Villalobos-Zapata y Mendoza 2010). Otro aspecto que permite distinguir la importancia de estas selvas es que se encuentran inmersas en una matriz que presenta condiciones ambientales únicas, al ser una vegetación húmeda rodeada de vegetación más seca, condición no esperada en ambientes *Kársticos* (suelos con gran contenido de CaCO_3), lo que le da una invaluable importancia ecológica como hábitat para innumerables especies (Palacio-Aponte et al. 2002).

En el municipio de Calakmul la SI sirve como fuente de agua para las personas y una amplia variedad de fauna. La región por su geología, no tiene corrientes superficiales permanentes y los únicos captadores de agua natural son las partes bajas en las cuales se desarrolla la SI, lo que aumenta su valor ecológico debido a la escasez del vital líquido que se presenta en el municipio (Palacio-Aponte et al. 2002). Igualmente alberga una gran cantidad de especies epifitas (bromelias y orquídeas) que se encuentran bajo protección en las normas ambientales (Cach-Pérez et al. 2013).

Las áreas donde se desarrolla la SI contienen los mayores valores de humedad en el municipio, sirviendo como reguladores ambientales siendo un eslabón fundamental en la conservación de los patrones de lluvias en la región, al contribuir con la saturación de las nubes por medio de la evapotranspiración (Brown 2005).

La SI tiene una gran importancia ecológica, por su diversidad de especies y hábitat único en las zonas tropicales. Corresponde a un tipo de humedal terrestre (Palacio-Aponte et al. 2002), que tiene un papel fundamental como refugio de fauna, sobre todo en épocas de déficit hídrico y ante la presión humana (Reyna-Hurtado 2002; Olmsted y Duran 1986).

1.5 Planteamiento del problema

En las últimas décadas, la vegetación del municipio de Calakmul ha sido transformada y sustituida por sistemas agropecuarios. Las prácticas agropecuarias más comunes son: el establecimiento de cultivos anuales, la expansión de pastizales para la ganadería extensiva, el crecimiento de las áreas urbanas y la expansión de la infraestructura de vías de comunicación, además de un aprovechamiento inadecuado de los recursos forestales (García-Gil et al. 2001). Desgraciadamente el suelo del municipio no tiene vocación agrícola, por lo que después de dos o tres años de uso como terreno agrícola, los rendimientos de los cultivos disminuyen, originando que los agricultores busquen nuevas áreas de cultivo desmontando terrenos forestales maduros (Galindo-Leal 1999). Complementariamente, la falta de una política de planeación del uso del territorio, ha provocado la pérdida de biodiversidad al disminuir las poblaciones de la flora y fauna, y se ha provocado la extinción local de algunas especies endémicas de plantas y animales (Galindo-Leal 1999). Estos cambios, también han provocado modificaciones en la estructura de la vegetación, composición florística, diversidad y abundancias de las especies de los remanentes de selvas (García-Gil et al. 2001; Galindo-Leal 1999).

Al centro y sur del municipio de Calakmul se está agravando el problema de la deforestación y cambios en el uso del suelo. Al sur de Xpujil se presenta un proceso de intensa ocupación humana generado a partir de concesiones ejidales y nuevos centros de población ejidal (NCPE), resultantes de programas gubernamentales de colonización humana y reparto agrario (García-Gil et al. 2001). Por lo que es necesario generar información actualizada que permita estudiar los cambios en la vegetación (Martínez y Galindo-Leal 2002; García-Gil et al. 2001). Díaz-Gallegos et al. (2002), mencionan que los agricultores en el ejido de la Guadalupe (al centro de Calakmul), han visto en los bajos inundables una posibilidad de establecer cultivos de arroz o caña, y si el gobierno los apoya con recursos, estarían dispuestos a establecer cultivos agrícolas en estas áreas, por lo que existe la posibilidad de que importantes extensiones de SI en este ejido se pierdan o contaminen.

La falta de conocimiento y estudio de la SI ha ocasionado que no se les dé la importancia apropiada en los planes de manejo y conservación, permitiendo que las superficies de estas selvas disminuyan en la región de Calakmul.

1.6 Objetivos

1.6.1 General

Describir el estado actual de la estructura, composición y diversidad de la vegetación arbórea de la selva inundable de la región centro y sur del municipio de Calakmul.

1.6.2 Específicos

- Describir la composición de especies leñosas de la selva inundable al centro y sur del municipio de Calakmul.
- Estimar la diversidad de especies leñosas que componen la selva inundable al centro y sur del municipio de Calakmul.
- Describir la estructura vertical y horizontal de la vegetación leñosa de la selva inundable al centro y sur del municipio de Calakmul.
- Describir parámetros estructurales de la vegetación como densidad y área basal en la selva inundable al centro y sur del municipio de Calakmul, como base en la detección de la influencia humana en los cambios en la vegetación de la selva inundable.

1.7 Hipótesis

Existen diferencias en la riqueza y abundancia de especies y en la estructura de la SI, entre el centro y sur del municipio de Calakmul, como resultado de las diferencias en los rasgos topográficos, climáticos y la historia de las actividades humanas en el municipio.

**Capítulo II. Estructura y diversidad en la selva inundable al centro y sur de
Calakmul**

2.1 Escrito enviado a la revista *Ecosistemas y Recursos agropecuarios*

Estructura y diversidad arbórea de la selva inundable de Calakmul

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD EN LA SELVA INUNDABLE AL CENTRO Y SUR DE CALAKMUL
STRUCTURE AND DIVERSITY IN SEASONAL-SWAMP FOREST ON CENTRAL AND SOUTHERN
CALAKMUL

Websters Chiquini-Heredia*, Ligia Esparza-Olguín*, Yuri Peña Ramírez*, Aixchel Maya Martínez**

*(WCHH) Departamento Conservación de la Biodiversidad

El Colegio de la Frontera Sur-Unidad Campeche

Av. Rancho Polígono 2-A, Ciudad industrial,

C. P. 24500, Lerma, Campeche, México

wchiquini@ecosur.edu.mx, esparzaligia@gmail.com

**Departamento Manejo Forestal Sustentable y Servicios Ambientales

(C.E. EDZNA-INIFAP) Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Km.15, Carretera Campeche-Poc yaxum, Campeche

C.P. 24520, Chiná, Campeche, México

Fecha de recepción:

Fecha de aceptación:

RESUMEN

Con la finalidad de describir la estructura y composición de especies arbóreas en selva inundable (SI), conocida en la región como bajos inundables o vegetación de *Ak'alches*, se establecieron nueve sitios de muestreo en diferentes comunidades al centro y sur del municipio de Calakmul, se censaron un total de 2 212 individuos, en 112 especies y 36 familias. El área basal varió entre 17.55 m² ha⁻¹ (Arroyo Negro) y 35.13 m² ha⁻¹ (Carlos A. Madrazo). Las especies con mayor valor de importancia fueron *Coccoloba reflexiflora*, *Gymnanthes lucida*, *Haematoxylum campechianum*, *Manilkara zapota*, *Matayba oppositifolia*, *Metopium brownei* y *Sebastiania adenophora*. La mayor similitud se presentó entre los sitios al centro del municipio (Centauro del Norte, Ley de Fomento Agropecuario, Nuevo Conhuas y Narciso Mendoza). La diversidad entre los sitios Carlos A. Madrazo, El Carmen II, Josefa Ortiz de Domínguez, Centauro del Norte, Ley de Fomento Agropecuario, Narciso Mendoza, Nuevo Conhuas, Unidad y Trabajo, no mostró diferencia significativa ($p < 0.05$) en la prueba de *t-student* propuesta por Hutchenson. La estructura horizontal de la vegetación fue similar en todos los sitios, agrupándose la mayor cantidad de individuos (más del 50 %) en las primeras categorías diamétricas (2.5 a 8.4 cm). La estructura vertical también presentó un comportamiento semejante entre sitios, concentrándose el 50 % de los individuos entre los 5 a

10 m. La SI alberga especies que son prioritarias de conservación y por su bajo número de individuos con características comerciales no son viables para programas de aprovechamiento, teniendo mejor aptitud para implementar programas de conservación.

Palabras clave: Municipio de Calakmul, estructura de selva inundable, especies leñosas dominantes, Carso

ABSTRACT

In order to describe the structure and species composition of trees in flooded forest (SI) known in the region as flooded lowland or *Ak'alches* vegetation, nine sampling sites were established in different communities on central and southern Calakmul, a total of 2 212 individuals in 112 species and 36 families were surveyed. The basal area ranged from 17.55 m² ha⁻¹ (*Arroyo Negro*) and 35.13 m² ha⁻¹ (*Carlos A. Madrazo*). The species with the highest importance value were *Coccoloba reflexiflora*, *Gymnanthes lucida*, *Haematoxylum campechianum*, *Manilkara zapota*, *Matayba oppositifolia*, *Metopium brownei* and *Sebastiania adenophora*. The greatest similarity was found between the sites at the centre of the municipality (*Centauro del Norte*, *Ley de Fomento Agropecuario*, *Nuevo Conhuas* and *Narciso Mendoza*). The diversity among the sites *Carlos A. Madrazo*, *El Carmen II*, *Josefa Ortiz de Domínguez*, *Centauro del Norte*, *Ley de Fomento Agropecuario*, *Narciso Mendoza*, *Nuevo Conhuas*, *Unidad y Trabajo*, showed no significant differences ($p < 0.05$). The horizontal structure of the vegetation was similar in all sites, grouping the largest number of individuals (more than 50 %) in the first diameter categories (2.5 to 8.4 cm). The vertical structure also presented a similar behaviour among sites, concentrating 50 % of individuals between 5 to 10 m. The SI species that are priority for conservation and for their low number of individuals with commercial characteristics are not viable for exploitation programs, having better ability to implement conservation programs.

Key words: municipality of Calakmul, structure of seasonal-swamp forest, dominant woody species, Karst.

INTRODUCCIÓN

La Selva Inundable (SI) es la vegetación que se desarrolla sobre suelos anegados temporal o permanentemente, donde la composición de especies y la estructura de las comunidades varían en relación con la frecuencia y ciclos de inundación. Lo habitual es encontrar este tipo de vegetación en los bordes u orillas de algún cuerpo de agua que al desbordarse o aumentar su cauce inunda las áreas en las que se desarrolla aunque no se restringen a estos (Marks *et al.* 2014; Moreno-Casasola e Infante 2009; Parolin *et al.* 2004; Ferreira y Prance 1998; Junk 1997 y Beard 1955). La SI puede desarrollarse en planicies que logran inundarse en alguna época del año, donde la inundación se debe a la acumulación del

agua de la lluvia y la alta impermeabilidad del suelo, en el sureste de México es conocida como vegetación de bajos o *Ak'alches* (Villalobos-Zapata y Mendoza-Vega 2010; Tun-Dzul *et al.* 2008; Martínez y Galindo-Leal 2002; Palacio-Aponte *et al.* 2002; Beard 1955). La SI ubicada en el municipio de Calakmul, Campeche, México, está inmersa en una matriz que presenta condiciones ambientales peculiares. El clima de la región está clasificado como cálido subhúmedo (García 1988; 1973). La temporada de lluvias comprende los meses de junio a noviembre con una precipitación media anual de 1 076.2 mm siendo mayor al sur del municipio con hasta 2 000 mm al año (García-Gil *et al.* 2002; Martínez y Galindo-Leal 2002; García-Gil *et al.* 2001). La temperatura anual promedio es de 24.6 °C (Martínez y Galindo-Leal 2002). La altitud en el centro del municipio varía de 200 a 250 msnm con declives menores al 10 % de la altitud y al sur pueden encontrarse altitudes menores a los 100 msnm (INEGI 2014; Lundell 1934). Es una zona donde predomina la selva subperennifolia (Galindo-Leal 1999). La composición y estructura de la vegetación en el municipio de Calakmul está estrechamente relacionada con los gradientes topográficos, la dinámica de nutrientes, las características del suelo y la geología (Miranda y Hernández 1963), así como con las actividades humanas (Martínez y Galindo-Leal 2002). La SI se encuentra situada en planicies acumulativas rodeada de lomeríos que se disponen en forma de cuenca, con vegetación más seca que la circundante, a pesar de estar en suelos cársticos con alta permeabilidad. Los procesos aluviales de sedimentación permiten la acumulación de materiales orgánicos e inorgánicos que inhiben la infiltración y permiten la acumulación de agua en el suelo (Palacio-Aponte *et al.* 2002). Este ecosistema es fuente de agua para los habitantes de las localidades, hábitat de especies epífitas (orquídeas y bromelias) y sirve como refugio o áreas de anidación y reproducción para una amplia diversidad de fauna (Villalobos-Zapata y Mendoza-Vega 2010; Reyna-Hurtado y Tanner 2005). Desafortunadamente, como el resto de las selvas en la región, la SI está inmersa en procesos de cambio de uso de suelo que han originado deforestación y fragmentación (García-Licona *et al.* 2014; Martínez y Galindo-Leal 2002; García-Gil *et al.* 2001). Asimismo, Martínez y Galindo-Leal (2002) mencionan que la SI en Calakmul ha sido objeto de explotación selectiva, lo que posiblemente ha favorecido cambios en la composición de especies. A pesar de su importancia ecológica y de los problemas que enfrenta la SI en este municipio, existen pocos estudios que describan su diversidad y estructura florística a lo largo de su área de distribución. Existen algunos reportes para las zonas norte y centro de Calakmul (Tun-Dzul *et al.* 2008; Díaz-Gallegos *et al.* 2002; Martínez y Galindo-Leal 2002; Palacio-Aponte *et al.* 2002). Sin embargo en estos trabajos existe un consenso de los autores referente a la necesidad de generar mayor información de lo que ocurre en las SI de Calakmul. Por lo que el objetivo de este trabajo fue describir la diversidad y la estructura de especies arbóreas en la SI al sur y

centro del municipio de Calakmul, contribuyendo a la generación de información mediante la determinación de las especies arbóreas que los componen, la descripción de características estructurales (densidad, área basal, estructura horizontal y vertical) y diversidad en nueve sitios de SI localizados en las zonas centro y sur. Esta información contribuirá con la ya existente para proponer estrategias de manejo y conservación para la SI en la región de Calakmul.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El estudio se realizó de febrero a julio del 2014 en nueve localidades del municipio de Calakmul, el municipio se encuentra ubicado entre las coordenadas geográficas siguientes: 19° 12' 00" y 17° 48' 39" latitud norte, 89° 09' 04" y 90° 28' 05" de longitud oeste (Figura 1). Las comunidades en las que se establecieron los sitios de muestreo fueron elegidas por su ubicación al centro (Centauro del Norte, El Carmen II, Narciso Mendoza y Nuevo Conhuas,) y al sur (Arroyo Negro, Carlos A. Madrazo, Josefa Ortiz Domínguez, Ley de Fomento Agropecuario y Unidad y Trabajo) del municipio, por tener más de 40 años sin ser usadas para actividades agropecuarias o forestales, sin evidencias de actividad humana reciente y que correspondieran con el tipo de suelo conocido como Ak'alche.

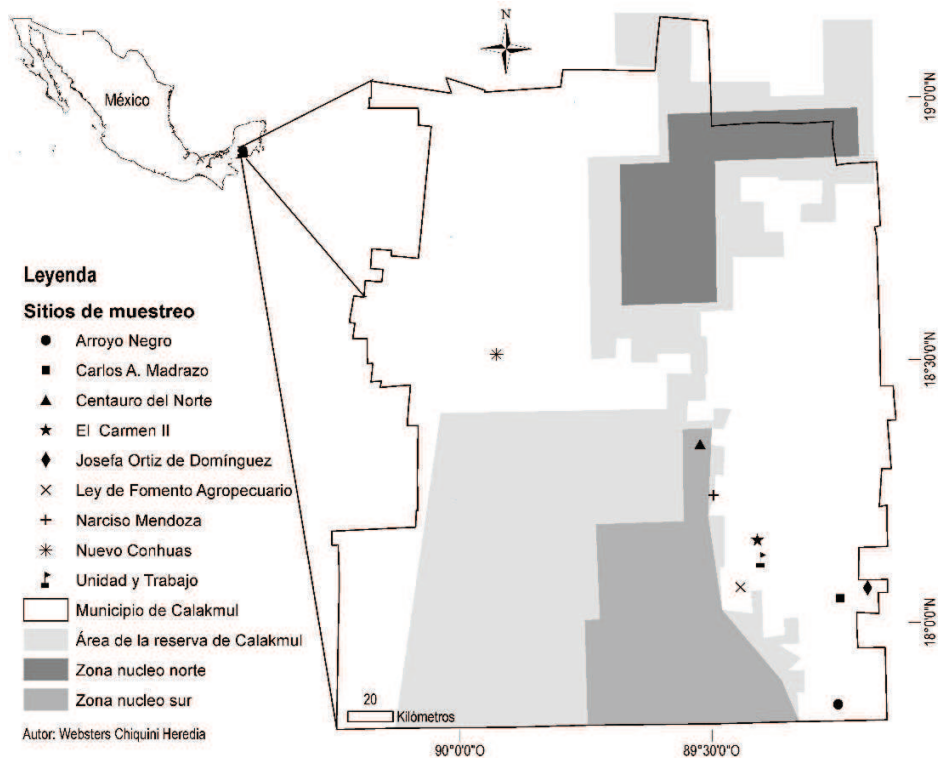


Figura 1. Ubicación geográfica de los sitios y su distribución a lo largo del municipio de Calakmul, en escala de grises se muestra el área de amortiguamiento de la reserva y sus zonas núcleo.

Diseño de muestreo. Se establecieron sitios de muestreo circulares de 1 000 m² (17.84 m de radio) con un círculo concéntrico de 400 m² (11.28 m). En los círculos de 400 m² se censaron todos los individuos que a la altura de 1.30 m del suelo tuvieran un diámetro del tronco (diámetro a la altura del pecho [DAP]) igual o mayor a 2.50 cm y a partir de los 10 cm en el resto del círculo de 1 000 m². Los individuos que cumplieron con los criterios se etiquetaron, registrando la altura total (m), el DAP (cm), y su identidad taxonómica (apoyándose con claves taxonómicas, especialistas y parataxónomos).

Análisis de la información. A partir de la revisión de la información de identidad taxonómica recopilada en campo, se generó un listado florístico con los datos de orden, familia, género y especie. Se estimó la riqueza de especies, como el número de especies por unidad de muestreo. La diversidad se calculó utilizando el índice de Shannon-Wiener (H'), que permite conocer como varía la riqueza y la distribución de los individuos entre las especies. Con la finalidad de determinar si alguna especie presenta mayor abundancia de individuos entre los sitios, se calculó el valor de equitatividad (J') que compara el valor de diversidad obtenido con el muestreo (H') y el valor de diversidad que se obtendría con la riqueza observada si la distribución de los individuos fuera equitativa (H'MAX), para ello se emplearon las siguientes ecuaciones (Begon *et al.* 2006, Magurran 2004):

Ecuación 1
$$H' = - \sum P_i \cdot \log P_i$$

 Dónde:
 H' = Índice de Shannon-Wiener
 P_i = Abundancia relativa
 Log = Logaritmo base 10

Ecuación 2
$$J' = \frac{H'}{H'_{MAX}}$$

 Dónde:
 J' = Índice de equitatividad
 H' = Índice de Shannon-Wiener
 H'_{MAX} = Log S
 Log = Logaritmo base 10
 S = Riqueza de especies

Para determinar la existencia de diferencias significativas en la diversidad de los sitios se emplearon verificaciones por pares entre los nueve sitios utilizando la prueba de *t-student* modificada por Hutcheson (1970). Para estimar la similitud se empleó un análisis de agrupamiento (*Cluster*) utilizando la medida de Bray-Curtis, que permite visualizar gráficamente la distribución de las parcelas de acuerdo a la similitud que comparten (Calderón-Mandujano *et al.* 2008; Clarke 1993). Los cálculos se realizaron con el programa

Past® versión 2.17c (Hammer *et al.* 2001). Por otro lado, se estimó la densidad como el número de individuos por unidad de área (individuos hectárea⁻¹), el área basal ($[DAP/2]^2$ [3.1416] Ecuación 3). El valor de importancia relativa (VIR) revela la importancia ecológica de cada especie en una comunidad vegetal. Utiliza parámetros estructurales básicos como: abundancia relativa (individuos ha⁻¹), frecuencia relativa y dominancia relativa (m² ha⁻¹) y se calcula de la siguiente manera (Magurran 2004; 1988):

$$VIR = \frac{\text{abundancia relativa} + \text{dominancia relativa} + \text{frecuencia relativa}}{3} \text{ Ecuación 4}$$

Dónde:

$$\text{Abundancia relativa} = \frac{\text{Número de individuos por especie}}{\text{Número total de individuos de todas las especies}} \times 100 \text{ Ecuación 5}$$

$$\text{Dominancia relativa} = \frac{\text{Área basal de cada especie}}{\text{Área basal total de todas las especies}} \times 100 \text{ Ecuación 6}$$

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Frecuencia de una especie}}{\text{Suma de la frecuencia de todas las especies}} \times 100 \text{ Ecuación 7}$$

El análisis estructural horizontal (DAP) y vertical (altura) de la vegetación se analizó a partir de distribuciones de frecuencia agrupadas por clase.

RESULTADOS

Composición de la comunidad. Se midieron 2 214 árboles, pertenecientes a 112 especies, 84 géneros, 36 familias y 21 órdenes (Tabla 1). Las familias mejor representadas fueron Fabaceae (29 especies), Rubiaceae (10), Sapotaceae (7), Apocynaceae (6) y Polygonaceae (6). Estas cinco familias representan 47 % del total de especies registradas en los nueve sitios, el resto de las familias están constituidas por cinco o menos especies. En los sitios la familia Fabaceae estuvo mejor representada, siendo Narciso Mendoza el sitio que registra 15 especies (26.79 % de la riqueza en el sitio), seguido de Ley de Fomento Agropecuario con 13 especies (21.21 %), Centauro del Norte con 12 especies (23.53 %), Nuevo Conhuas con 11 especies (27.50 %), Unidad y Trabajo con nueve especies (20.45 %), Arroyo Negro (33.33 %) y Carlos A. Madrazo (22.22 %) con ocho especies, El Carmen II con siete especies (17.5 %) y Josefa Ortiz de Domínguez con seis especies (18.19 %). De las 112 especies solamente tres (2.68 %) se comparten en los nueve sitios, *Hampea trilobata*, *M. brownei* y *Vitex gaumeri*; y 32 especies (28.57 %) estuvieron presentes en solamente un sitio, es decir fueron especies únicas. De las especies únicas, Narciso Mendoza contabilizó ocho especies (12.50 % de la riqueza del sitio), los sitios Arroyo Negro (25 %) y El Carmen II (15 %) registraron seis especies y Ley de Fomento Agropecuario registró cinco especies (8.93 %). En el

resto de los sitios se contabilizaron menos de tres especies, siendo Unidad y Trabajo el único sitio que no presentó especies únicas.

Tabla 1. Listado de las especies arbóreas y sus abundancias por sitio de 1 000 m²

| Orden | Familia / Genero y Especie | Arroyo Negro | Carlos A. Madrazo | Centauro del Norte | El Carmen II | Josefa Ortiz de Domínguez | Ley de Fomento Agropecuario | Narciso Mendoza | Nuevo Conhuas | Unidad y Trabajo |
|-----------------------------|---|--------------|-------------------|--------------------|--------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------|---------------|------------------|
| Apiales | Araliaceae <i>Dendropanax arboreus</i> | | | | | | | 1 | | |
| Arecales | Arecaceae <i>Cryosophila stauracantha</i> | 5 | 49 | | 27 | 8 | | | | 18 |
| | <i>Sabal mexicana</i> | | 3 | | 1 | 1 | | | | |
| | <i>Sabal yapa</i> | | | | | | 1 | | | |
| | | | | | | | | | | |
| Boraginales | Boraginaceae <i>Bourreria pulchra</i> | | | | | | 1 | 1 | | 2 |
| | <i>Cordia dodecandra</i> | | | | | | | 1 | 1 | |
| Brassicales | Capparaceae <i>Capparis indica</i> | | | 1 | | | 1 | 1 | | |
| | <i>Quadrella cynophallophora</i> | | | | | | | 1 | | |
| Canellales | Canellaceae <i>Canella winterana</i> | 1 | | | | | | | | |
| Caryophyllales | Nyctaginaceae <i>Neea choriophylla</i> | | | 2 | 1 | | 2 | | 1 | 2 |
| | <i>Neea psychotrioides</i> | | | | | | | 4 | | |
| | Polygonaceae <i>Coccoloba acapulcensis</i> | | 1 | 1 | 9 | | 2 | 2 | 3 | |
| | <i>Coccoloba barbadensis</i> | | | | | | 2 | 3 | 1 | 1 |
| | <i>Coccoloba cozumelensis</i> | | | 7 | | 13 | 2 | 11 | 2 | |
| | <i>Coccoloba reflexiflora</i> | | 6 | 16 | | | 20 | 14 | 29 | 13 |
| | <i>Gymnopodium floribundum</i> | | | 7 | 3 | | 6 | | 7 | 3 |
| | <i>Neomillspaughia emarginata</i> | | | | | | 1 | | | |
| Celastrales | Celastraceae <i>Maytenus schippii</i> | | 1 | 1 | 4 | | | | | 1 |
| | <i>Rhacoma gaumeri</i> | | | 3 | | | | | | 2 |
| | <i>Semialarium mexicanum</i> | 1 | 3 | 3 | | | 2 | 2 | 2 | 1 |
| | | | | | | | | | | |
| Ericales | Ebenaceae <i>Diospyros bumelioides</i> | | | | | | | 1 | | |
| | <i>Diospyros salicifolia</i> | | | 6 | | | 4 | 1 | 1 | 7 |
| | Primulaceae <i>Bonellia flammea</i> | | | | | | 2 | | | 1 |
| | <i>Bonellia macrocarpa</i> | | 2 | 2 | 1 | | | 3 | | |
| | <i>Parathesis cubana</i> | | | 1 | | | 6 | 6 | | |
| | Sapotaceae <i>Manilkara zapota</i> | | 11 | 12 | 24 | 19 | 6 | 11 | 13 | 24 |
| <i>Pouteria campechiana</i> | | 1 | | | 5 | | | | | |
| <i>Pouteria reticulata</i> | | 8 | 8 | 40 | 2 | 3 | | | 21 | |

Ley de Fomento Agropecuario y Narciso Mendoza (ambos con 50 % de las especies), seguidos de Centauro del Norte con 51 especies (45.53 %), mientras que Arroyo Negro registró la menor riqueza con 24 especies (21.43 %). Los mayores valores de diversidad (H') se obtuvieron en los sitios Centauro del Norte (1.558), Ley de Fomento Agropecuario (1.537) y Narciso Mendoza (1.503). El sitio Arroyo Negro (1.057) obtuvo el valor más bajo de diversidad. Los valores de equitatividad muestran que el sitio Centauro del Norte presentó la distribución más equitativa de abundancia entre las especies al ajustarse más de 0.9 la diversidad observada respecto a la diversidad máxima esperada. Los sitios Arroyo Negro y Carlos A. Madrazo, son los sitios que obtuvieron los menores valores de equitatividad, indicando mayor abundancia de alguna especie, esto se infiere por los valores menores a 0.8 indicando una diferencia entre la proporción de individuos observada y la esperada (Tabla 2).

Tabla 2. Atributos de diversidad de los sitios. S: riqueza de especies; $H'_{\text{Log } 10}$: índice de diversidad de Shannon-Wiener; J' : índice de equitatividad.

| Sitio | S | $H'_{\text{Log } 10}$ | J' |
|-----------------------------|----|-----------------------|-------|
| Ley de Fomento Agropecuario | 56 | 1.537 | 0.879 |
| Narciso Mendoza | 56 | 1.503 | 0.86 |
| Centauro del Norte | 51 | 1.558 | 0.912 |
| Unidad y Trabajo | 44 | 1.435 | 0.873 |
| El Carmen II | 40 | 1.294 | 0.808 |
| Nuevo Conhuas | 40 | 1.331 | 0.831 |
| Carlos A. Madrazo | 36 | 1.229 | 0.79 |
| Josefa Ortiz de Domínguez | 33 | 1.219 | 0.803 |
| Arroyo Negro | 24 | 1.057 | 0.766 |

Los sitios mostraron diferencias significativas ($p > 0.05$) en sus valores de diversidad al compararse con la prueba *t-student* propuesta por Hutcheson exceptuando los pares de sitios Carlos A. Madrazo con El Carmen II (1.51) y Josefa Ortiz de Domínguez (0.44). Centauro del Norte con Ley de Fomento Agropecuario (0.62) y Narciso Mendoza (1.80). El Carmen II con Josefa Ortiz de Domínguez (1.78) y Nuevo Conhuas (0.92). Ley de Fomento Agropecuario y Narciso Mendoza (1.12). Narciso Mendoza con Unidad y Trabajo (1.81) (Tabla 3).

Tabla 3. Pares de sitios comparados en la prueba de t modificada por Hutcheson. *Muestran diferencias significativas.

| Sitios comparados | t | Df | p |
|--|---------|--------|--------|
| Arroyo Negro - Carlos A. Madrazo | -3.126 | 327.59 | <0.05* |
| Arroyo Negro - Centauro del Norte | -10.719 | 222.3 | <0.05* |
| Arroyo Negro - El Carmen II | -4.738 | 289.47 | <0.05* |
| Arroyo Negro - Josefa Ortiz de Domínguez | -2.414 | 290.3 | <0.05* |
| Arroyo Negro - Ley de Fomento Agropecuario | -9.934 | 251.12 | <0.05* |
| Arroyo Negro - Nuevo Conhuas | -5.541 | 277.62 | <0.05* |
| Arroyo Negro - Narciso Mendoza | -8.984 | 262.31 | <0.05* |

| | | | |
|---|--------|--------|--------|
| Arroyo Negro - Unidad y Trabajo | -7.533 | 266.71 | <0.05* |
| Carlos A. Madrazo - Centauro del Norte | 7.977 | 363.14 | <0.05* |
| Carlos A. Madrazo - El Carmen II | 1.509 | 453.1 | 0.13 |
| Carlos A. Madrazo - Josefa Ortiz de Domínguez | -0.435 | 305.56 | 0.66 |
| Carlos A. Madrazo - Ley de Fomento Agropecuario | 7.164 | 410.91 | <0.05* |
| Carlos A. Madrazo - Nuevo Conhuas | 2.352 | 439.28 | <0.05* |
| Carlos A. Madrazo - Narciso Mendoza | 6.132 | 425.44 | <0.05* |
| Carlos A. Madrazo - Unidad y Trabajo | 4.542 | 418.13 | <0.05* |
| Centauro del Norte - El Carmen II | 7.270 | 506.02 | <0.05* |
| Centauro del Norte - Josefa Ortiz de Domínguez | 7.225 | 206.05 | <0.05* |
| Centauro del Norte - Ley de Fomento Agropecuario | 0.617 | 599.48 | 0.54 |
| Centauro del Norte - Nuevo Conhuas | 6.462 | 513.84 | <0.05* |
| Centauro del Norte - Narciso Mendoza | 1.804 | 571.74 | 0.07 |
| Centauro del Norte - Unidad y Trabajo | 3.744 | 472.4 | <0.05* |
| El Carmen II - Josefa Ortiz de Domínguez | 1.777 | 265.88 | 0.08 |
| El Carmen II - Ley de Fomento Agropecuario | 6.348 | 557.74 | <0.05* |
| El Carmen II - Nuevo Conhuas | 0.919 | 549.11 | 0.36 |
| El Carmen II - Narciso Mendoza | 5.174 | 561.94 | <0.05* |
| El Carmen II - Unidad y Trabajo | 3.378 | 515.97 | <0.05* |
| Josefa Ortiz de Domínguez - Ley de Fomento Agropecuario | 6.602 | 231.13 | <0.05* |
| Josefa Ortiz de Domínguez - Nuevo Conhuas | 2.505 | 255.17 | <0.05* |
| Josefa Ortiz de Domínguez - Narciso Mendoza | -5.741 | 241.1 | <0.05* |
| Josefa Ortiz de Domínguez - Unidad y Trabajo | -4.387 | 245.88 | <0.05* |
| Ley de Fomento Agropecuario - Nuevo Conhuas | 5.523 | 563.18 | <0.05* |
| Ley de Fomento Agropecuario - Narciso Mendoza | -1.124 | 609.31 | 0.26 |
| Ley de Fomento Agropecuario - Unidad y Trabajo | 2.956 | 523.13 | <0.05* |
| Nuevo Conhuas - Narciso Mendoza | 4.334 | 564.34 | <0.05* |
| Nuevo Conhuas - Unidad y Trabajo | 2.507 | 511.47 | <0.05* |
| Narciso Mendoza - Unidad y Trabajo | -1.809 | 526.1 | 0.07 |

Similitud en composición de especies. El análisis de agrupamiento (Coef. Corr.= 0.8812), mostró que la SI localizada en Arroyo Negro es diferente de los otros sitios, es decir, la diversidad es significativamente distinta (Figura 2). Además se observa que los sitios con mayor similitud (mayor al 50 %) son las que se localizan en Centauro del Norte, Ley de Fomento Agropecuario, Nuevo Conhuas y Narciso Mendoza. El sitio Centauro del Norte comparte 37 especies (72.55 % de la riqueza del sitio) con el sitio Ley de Fomento Agropecuario (66.07 %), 32 especies con Nuevo Conhuas (80 %) y 35 especies con Narciso Mendoza (62.5 %). El sitio Ley de Fomento Agropecuario comparte 32 especies (57.14 % de las especies en el sitio) con Nuevo Conhuas (80 %) y 37 especies con Narciso Mendoza (66.07 %). El sitio Nuevo Conhuas comparte 31 especies (77.5 % de la riqueza en el sitio) con Narciso Mendoza (55.36 %). Por otro lado, las SI de Carlos A Madrazo, El Carmen II y Unidad y Trabajo forman un grupo, aunque lo hacen con un nivel de similitud menor al 40 %.

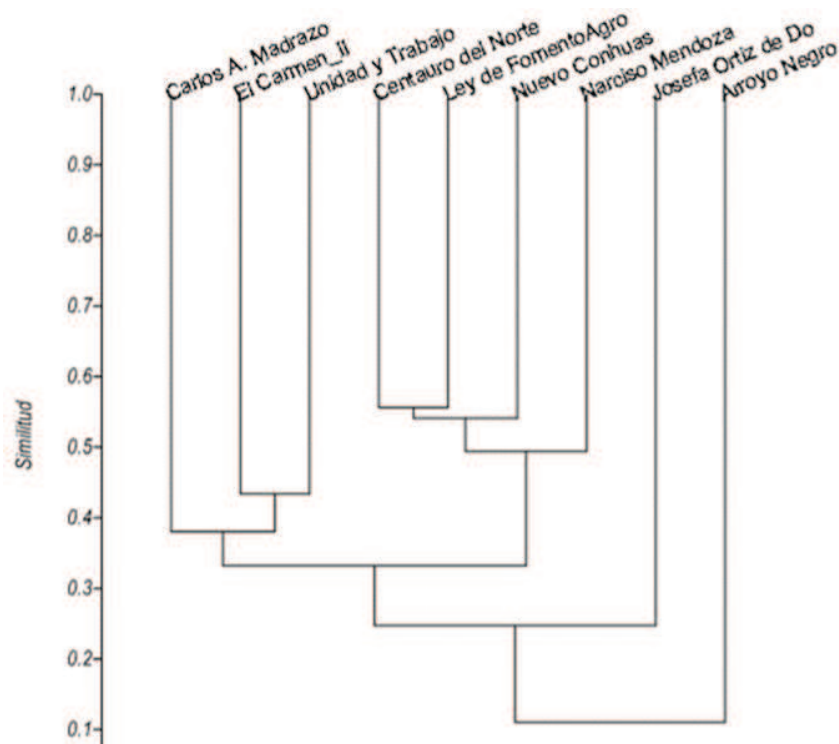


Figura 2. Análisis de agrupamiento calculado con el índice de Bray-Curtis.

Estructura de la vegetación. La mayor densidad de individuos se presentó en la SI de Ley de Fomento Agropecuario, seguida de Narciso Mendoza y Centauro del Norte, el menor número de individuos se obtuvo en Josefa Ortiz de Domínguez y Arroyo Negro. Los valores más altos de área basal se presentaron en las SI de Carlos A. Madrazo y Nuevo Conhuas, mientras que en Arroyo Negro se estimaron las menores áreas basales (Tabla 4).

Tabla 4. Parámetros estructurales de los sitios. D: densidad de individuos; AB: área basal del sitio; Am: altura media de la vegetación.

| Sitio | D (ind. ha ⁻¹) | AB (m ² ha ⁻¹) | Am (m) |
|-----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|--------|
| Ley de Fomento Agropecuario | 7285 | 29.11 | 6.91 |
| Narciso Mendoza | 7065 | 27.15 | 5.65 |
| Centauro del Norte | 6855 | 30.63 | 6.32 |
| El Carmen II | 6500 | 27.74 | 6.76 |
| Nuevo Conhuas | 5985 | 33.39 | 6.08 |
| Unidad y Trabajo | 5155 | 32.24 | 7.09 |
| Carlos A. Madrazo | 4790 | 35.13 | 7.10 |
| Arroyo Negro | 3455 | 17.55 | 6.27 |
| Josefa Ortiz de Domínguez | 2810 | 22.11 | 7.83 |

Por otro lado, las especies con mayores VIR fueron *S. adenophora* en Arroyo Negro, *M. zapota* en

Centauro del Norte y El Carmen II, *M. oppositifolia* en Josefa Ortiz de Domínguez, *C. reflexiflora* en Ley de Fomento Agropecuario, *M. brownei* en Unidad y Trabajo, *G. lucida* en Carlos A. Madrazo y *H. campechianum* en Nuevo Conhuás y Narciso Mendoza. La especie *S. adenophora* alcanzó los mayores valores de abundancia, dominancia y frecuencia en Arroyo Negro. En Carlos A. Madrazo *G. lucida* mostró la mayor dominancia (área basal). La especie *M. zapota* consiguió los valores más altos de dominancia en los sitios Centauro del Norte y El Carmen II. En Josefa Ortiz de Domínguez *M. oppositifolia* obtuvo las mayores abundancias. En Ley de Fomento Agropecuario *C. reflexiflora* tiene mayor dominancia que otras especies. La especie *H. campechianum* alcanzó mayor dominancia en los sitios Nuevo Conhuás y Narciso Mendoza. *M. brownei* sobresalió por tener mayores valores en dominancia y frecuencia en el sitio Unidad y Trabajo (Tabla 5).

Tabla 5. Lista de las especies que alcanzaron mayor VIR en cada sitio, el corte se realizó al alcanzar el 30 %. Ab. Rel.: abundancia relativa; Dom. Rel.: dominancia relativa; Frec. Rel.: frecuencia relativa; IVI: índice de valor relativo.

| Sitio | Taxón | Ab. Rel. | Dom. Rel. | Frec. Rel. | VIR |
|-----------------------------|----------------------------------|----------|-----------|------------|-------|
| Arroyo Negro | <i>Sebastiania adenophora</i> | 29.53 | 37.54 | 1.05 | 22.71 |
| | <i>Lonchocarpus hondurensis</i> | 7.38 | 19.16 | 0.26 | 8.93 |
| | Otras 22 especies | | | | |
| Carlos A. Madrazo | <i>Gymnanthes lucida</i> | 15.77 | 30.87 | 0.53 | 15.72 |
| | <i>Cryosophila stauracantha</i> | 22.07 | 4.12 | 1.32 | 9.17 |
| | <i>Croton icche</i> | 11.71 | 4.12 | 2.11 | 5.98 |
| | Otras 33 especies | | | | |
| Centauro del Norte | <i>Manilkara zapota</i> | 4.03 | 16.59 | 2.11 | 7.58 |
| | <i>Metopium brownei</i> | 6.38 | 11.44 | 2.37 | 6.73 |
| | <i>Haematoxylum campechianum</i> | 2.01 | 15.61 | 1.84 | 6.49 |
| | <i>Coccoloba reflexiflora</i> | 5.37 | 7.33 | 1.58 | 4.76 |
| | <i>Eugenia ibarrae</i> | 8.05 | 3.00 | 2.11 | 4.39 |
| | Otras 46 especies | | | | |
| El Carmen II | <i>Manilkara zapota</i> | 8.66 | 26.71 | 2.11 | 12.49 |
| | <i>Drypetes lateriflora</i> | 11.91 | 13.89 | 0.53 | 8.78 |
| | <i>Pouteria reticulata</i> | 14.44 | 7.24 | 1.58 | 7.75 |
| | <i>Cryosophila stauracantha</i> | 9.75 | 3.19 | 1.32 | 4.75 |
| | Otras 36 especies | | | | |
| Josefa Ortiz de Domínguez | <i>Matayba oppositifolia</i> | 25.17 | 25.04 | 1.32 | 17.18 |
| | <i>Bucida buceras</i> | 2.80 | 25.27 | 1.58 | 9.88 |
| | <i>Coccoloba cozumelensis</i> | 9.09 | 5.46 | 1.32 | 5.29 |
| | Otras 30 especies | | | | |
| Ley de Fomento Agropecuario | <i>Coccoloba reflexiflora</i> | 6.39 | 14.96 | 1.58 | 7.64 |
| | <i>Metopium brownei</i> | 2.24 | 11.68 | 2.37 | 5.43 |
| | <i>Eugenia winzerlingii</i> | 7.03 | 2.06 | 0.79 | 3.29 |
| | <i>Calliandra belizensis</i> | 7.67 | 3.24 | 0.26 | 3.72 |
| | <i>Eugenia ibarrae</i> | 8.31 | 3.13 | 2.11 | 4.52 |
| | <i>Bursera simaruba</i> | 5.11 | 6.42 | 1.84 | 4.46 |
| | <i>Hyperbaena winzerlingii</i> | 3.51 | 7.71 | 1.58 | 4.27 |
| | Otras 49 especies | | | | |
| Narciso Mendoza | <i>Haematoxylum campechianum</i> | 3.33 | 17.95 | 1.84 | 7.71 |
| | <i>Metopium brownei</i> | 5.67 | 13.92 | 2.37 | 7.32 |
| | <i>Gymnanthes lucida</i> | 8.33 | 3.21 | 0.53 | 4.02 |
| | <i>Eugenia winzerlingii</i> | 8.67 | 1.53 | 0.79 | 3.66 |
| | <i>Croton icche</i> | 9.33 | 5.62 | 2.11 | 5.69 |

| | | | | | |
|------------------|-----------------------------------|-------|-------|------|-------|
| Nuevo Conhuas | Otras 51 especies | | | | |
| | <i>Haematoxylum campechianum</i> | 6.23 | 25.22 | 1.84 | 11.10 |
| | <i>Coccoloba reflexiflora</i> | 10.62 | 14.89 | 1.58 | 9.03 |
| | <i>Cameraria latifolia</i> | 8.42 | 8.48 | 1.32 | 6.07 |
| | <i>Erythroxylum rotundifolium</i> | 7.69 | 9.78 | 0.79 | 6.09 |
| Unidad y Trabajo | Otras 36 especies | | | | |
| | <i>Metopium brownei</i> | 7.11 | 23.52 | 2.37 | 11 |
| | <i>Manilkara zapota</i> | 10.04 | 15.22 | 2.11 | 9.12 |
| | <i>Hyperbaena winzerlingii</i> | 4.60 | 9.73 | 1.58 | 5.30 |
| | <i>Coccoloba reflexiflora</i> | 5.44 | 8.66 | 1.58 | 5.23 |
| | Otras 40 especies | | | | |

El análisis de la estructura horizontal (distribución de DAP) mostró que en todas las unidades de muestreo, la mayor proporción de individuos (más del 50 %) se agrupó dentro de las dos primeras clases diamétricas (2.5 a 8.4 cm) en todos los sitios. Las curvas presentan la forma característica de J-invertida lo que indica el potencial de regeneración de la vegetación a partir del reclutamiento de individuos (Figura 3).

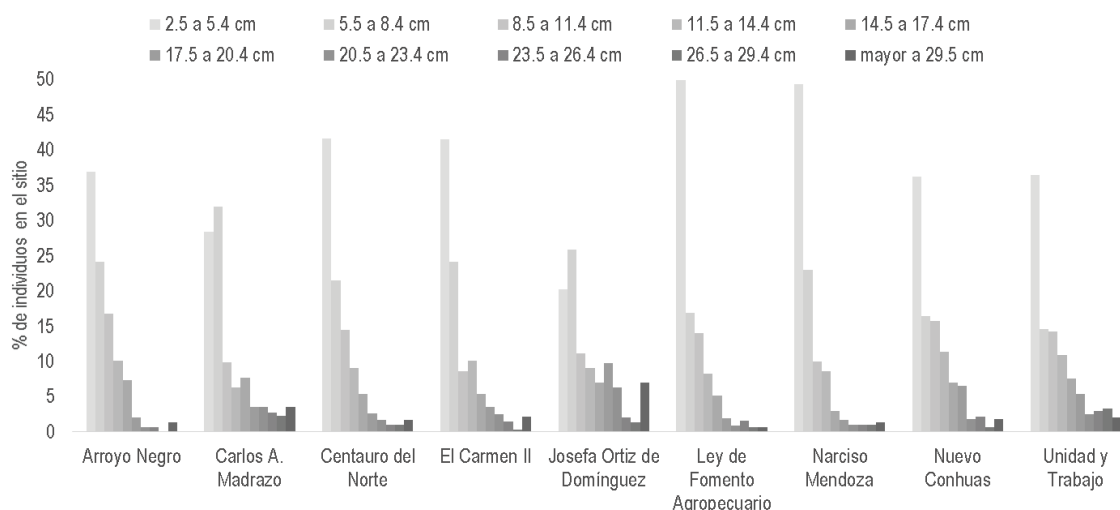


Figura 3. Distribución de los individuos por clases diamétricas en cada uno de los sitios.

Los sitios con las mayores abundancias en la primera categoría (2.5 a 5.4 cm) son Ley de Fomento Agropecuario (49.84 % de los individuos del sitio) y Narciso Mendoza (49.33 %). Los sitios Josefa Ortiz de Domínguez (20.28 %) y Carlos A. Madrazo (28.38 %), son los sitios con menor número de individuos en la primera categoría. La especie con la mayor abundancia en esta categoría es *E. ibarrae* con 98 individuos de los cuales 37 (37.75 %) se encuentran en Nuevo Conhuas. En la segunda categoría (5.5 a 8.4 cm) el sitio Carlos A. Madrazo tiene las mayores abundancias con el 31.98 % de sus individuos. La especie más abundante en esta categoría es *Cryosophila stauracantha* con 84 individuos de los cuales 40 (47.62 %) están en el sitio Carlos A. Madrazo. En la tercera categoría (8.5 a 11.4 cm), el sitio Arroyo Negro tiene la mayor cantidad con el 16.78 % de los individuos del sitio. La especie más abundante en esta categoría es *C. icche* con 24 individuos de los cuales siete (26.67 %) se encuentran en el sitio Carlos A. Madrazo. En la

cuarta categoría (11.5 a 14.4 cm) el sitio Nuevo Conhuas agrupa la mayor cantidad con el 11.36 % de sus individuos del sitio. La especie más abundante en esta categoría es *C. reflexiflora* con 26 individuos de los cuales seis (23.08 %) se encuentran en el sitio Nuevo Conhuas. Un total de 376 individuos (16.98 % del total de individuos) obtuvieron DAP mayores a 14.5 cm. El mayor número de individuos se registró en los sitios Unidad y Trabajo con 57 individuos (23.85 % de los individuos en el sitio), Nuevo Conhuas con 55 individuos (20.15 %), Carlos A. Madrazo con 52 individuos (23.42 %) y Josefa Ortiz de Domínguez con 48 individuos (33.57 %). La menor cantidad de individuos se registró en el sitio Arroyo Negro con 18 individuos (12.08 %). La especie con DAP mayor a 14.5 cm que obtuvo mayores abundancias fue *M. brownei* con 49 individuos de los cuales 15 (30.61 %) se encuentran en Unidad y Trabajo. La altura de los individuos estuvo dentro del rango de 3 hasta 13 m, siendo el sitio Josefa Ortiz de Domínguez el que mostró mayor altura promedio en sus individuos (7.83 m) y casi el 10 % registraron alturas mayores a 10 m y la vegetación con menor altura promedio (5.65 m) la obtuvo el sitio Narciso Mendoza. En la primera categoría (menor a 5 m) la especie que registró mayor abundancia fue *E. ibarrae* con 61 individuos (10.51 % de los individuos en esa categoría), de los cuales 37 (6.38 %) se encuentran en el sitio Nuevo Conhuas. En la segunda categoría (5 a 10 m), la especie con mayor abundancia es *C. icche* con 98 individuos (6.2 %), de los cuales en el sitio Josefa Ortiz de Domínguez se encuentran 24 individuos (1.45 %). En la tercera categoría (mayor a 10 m), la especie con mayor abundancia es *M. brownei* con 13 individuos (24.53 % de los individuos en la categoría), de los cuales 7 individuos (13.21 %) se encuentran en el sitio Unidad y Trabajo (Figura 4).

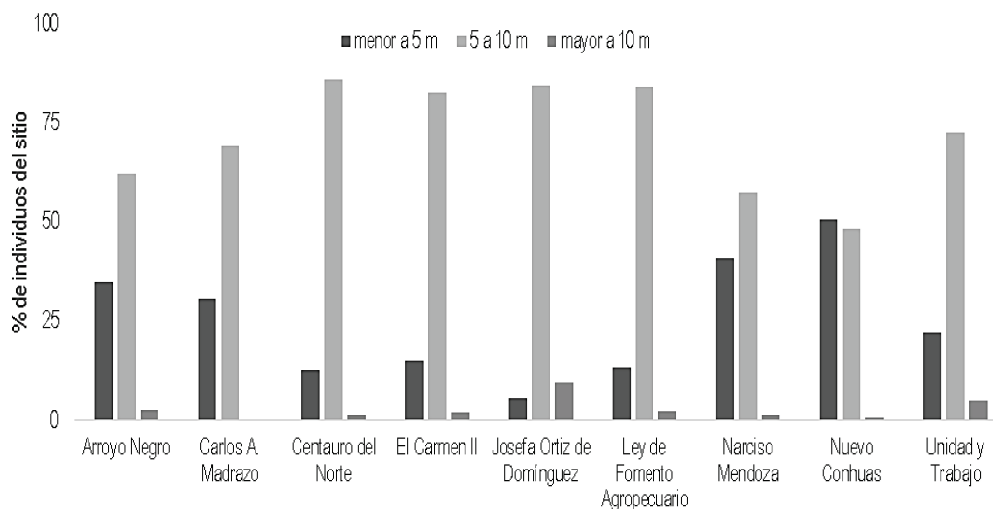


Figura 4. Distribución vertical de los individuos en cada uno de los sitios.

DISCUSIÓN

Composición de la comunidad. Las familias con mayor número de especies para este trabajo corresponde a lo que reportan otros autores que trabajaron con selvas subperennifolias en la península de Yucatán (García-Licona *et al.* 2014; Zamora-Crescencio *et al.* 2012; Cortés-Castelán e Islebe 2005) y en Brasil (Damasceno-Junior *et al.* 2005). La familia Sapotaceae es importante en la península de Yucatán por su alto número de especies, al grado de considerarse un centro de especiación secundario (Martínez y Galindo-Leal 2002), para este trabajo se registró mayor número de especies de las que obtuvieron García-Licona *et al.* (2014) y Zamora-Crescencio *et al.* (2012) en selvas subperennifolias no inundables, pero menor número de especies de lo reportado por González-Valdivia *et al.* (2012) en Tabasco en ese mismo tipo de selvas. Solamente en el sitio Arroyo Negro no se reportaron especies de la familia Sapotaceae, esto se debe a que el sitio presenta niveles de inundación mayor a 2 metros (comentarios de los pobladores locales) y es el único que se encuentra conectado a un cuerpo de agua (a menos de 1 km del río Arroyo Negro) lo que dificulta el establecimiento de las especies de la familia Sapotaceae al no tolerar sitios con inundaciones de este tipo (Mickelbart y Marler 1996). Las 112 especies que se identificaron, tienen su distribución natural dentro de los límites de la república mexicana (CONABIO 2015?) de las cuales cinco están restringidas para la península de Yucatán, *Canella winterana*, *Diphysa carthagenensis*, *Cascabela gaumeri*, *Plumeria obtusa* y *Randia longiloba* (CICY 2010). Las especies, *C. stauracantha* y *Handroanthus chrysanthus* se encuentran dentro de la categoría de riesgo, bajo el estatus “Amenazada” en la Norma Oficial Mexicana 059 publicada en el año 2010 (NOM-059-SEMARNAT 2010). Las especies *Ateleia gummifera* y *V. gaumeri* se encuentran en la categoría de riesgo bajo el estatus “En peligro de extinción” por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN 2015). La especie *Swietenia macrophylla* se encuentra en la Categoría “II” de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2015). Las especies mencionadas son de interés nacional y/o internacional por conservarlas y controlar su explotación, por lo que pueden tomarse como base para generar estrategias de manejo o conservación en las áreas de SI.

Diversidad de especies y equitatividad. La riqueza más alta registrada de 56 especies en los sitios Ley de Fomento Agropecuario y Narciso Mendoza es menor a las 65 especies que reporta Díaz-Gallegos *et al.* (2002), para el ejido La Guadalupe en un área de 0.1 ha, sin embargo supera a la riqueza (22 especies) reportada en Tabasco para un área de 0.4 ha (Vázquez-Negrín *et al.* 2010), esto podría deberse a la diferencia en los criterios utilizados en la medición de los individuos (Vázquez-Negrín *et al.* 2010 contaron individuos con DAP a partir de 10 cm). El sitio de muestreo que se estableció en el ejido Nuevo Conhuas registró una riqueza de 40 especies para una superficie de 0.1 ha, similar a la riqueza que registraron Tun-

Dzul *et al.* (2008) de 39 especies en una superficie de 0.05 ha. La menor diversidad que presentan los sitios al sur del municipio podría deberse a que existe mayor precipitación (García-Gil *et al.* 2002; Martínez y Galindo-Leal 2002; García y March 1990) y junto con las características topográficas del sitio y de las áreas que la circundan influyen en la inundación del sitio (Cortés-Castelán e Islebe 2005; Palacio-Aponte *et al.* 2002), condicionan el desarrollo de algunas especies al modificar las características del suelo como menciona Ponnamperuma (1984). Las principales dominancias se registraron en los sitios al sur del municipio, esto por las mayores abundancias que registró una especie, coincidiendo con lo que comentan Martínez y Galindo Leal (2002) sobre la influencia que tienen las diferencias en los rangos de humedad al sur del municipio, lo que permite a las especies con mejor capacidad de adaptación dominar comunidades, como en el sitio Arroyo Negro donde casi el 30 % de los individuos corresponde a *S. adenophora*.

Similitud en composición de especies. Las especies *H. campechianum*, *Cameraria latifolia*, *Bucida buceras* y *M. brownei* se encuentran distribuidas entre los sitios y son indicadoras de terrenos inundados (Palacio-Aponte *et al.* 2002). Las mayores similitudes las obtuvieron los sitios que se ubican al centro del municipio. Martínez y Galindo-Leal (2002) comentan que al centro del municipio se tienen condiciones más homogéneas en la humedad y la topografía lo que permite que se tengan condiciones más aptas para el establecimiento de un mayor número de especies. Entre los sitios al sur se tienen las menores similitudes resaltando los sitios Arroyo Negro y Josefa Ortiz de Domínguez, estos sitios tienen una diversidad de especies diferente y son los únicos en los cuales no está presente *H. campechianum*, la ausencia de esta especie podría atribuirse a que estos sitios permanecen inundados durante la mayor parte del año y *H. campechianum* solamente tolera inundaciones periódicas (Pennington y Sarukhan 2005). Así mismo en Arroyo Negro no se registraron especies de la familia Sapotaceae, una de las razones se debe a los mayores rangos de inundación del sitio que influyen en las características del suelo disminuyendo las condiciones aptas para algunas especies como mencionan Cortés Castelán e Islebe (2005); además la inundación disminuye la disponibilidad de oxígeno y otros nutrientes como menciona Lopez (2009) ocasionando estrés en algunas especies de la familia Sapotaceae. Martínez y Galindo-Leal (2002) mencionan que las diferencias en la abundancia de especies tienen una importancia ecológica muy grande al permitir que una amplia variedad de fauna pueda hacer uso de estas extensiones de SI, coincidiendo con la idea que plantean Palacio-Aponte *et al.* (2002) del potencial que tiene la SI como humedal terrestre.

Estructura de la vegetación. Las áreas basales en los sitios es menor de lo que reportan Zamora-Crescencio *et al.* (2012) para selva subperennifolias no inundables de Calakmul (50.27 m²ha⁻¹) no obstante

es cercano a lo que reportan Cortés Castelán e Islebe (2005) para SI de Quintana Roo ($27.38 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$). Las especies *H. campechianum*, *M. zapota* y *M. brownei* tienen los primeros lugares de VIR por los valores de dominancia que obtuvieron, indicando que los individuos son grandes. Estas especies igualmente fueron reportadas como importantes por Díaz-Gallegos *et al.* (2002) en el centro del municipio y Palacio-Aponte *et al.* (2002) al norte del municipio. Las especies *G. lucida*, *M. oppositifolia* y *S. adenophora*, no se reportan en otros trabajos ocupando los primeros lugares de VIR. La vegetación no presentó diferencias en la estructura, las especies en las últimas categorías diamétricas tienen individuos juveniles lo que indica que los sitios tienen la capacidad de mantener las especies si se perdieran los individuos más grandes. La altura de la vegetación se encuentra entre los 5 y 7 m similar a lo reportado por Martínez y Galindo-Leal (2002) y Palacio-Aponte *et al.* (2002). Estructuralmente la SI al centro y sur del municipio no tiene diferencia, probablemente la inundación en el sitio juega un papel importante pues se sabe que disminuye la capacidad del suelo para soportar individuos muy grandes como lo detalla Lopez (2009). De igual manera disminuye la disponibilidad de oxígeno lo que impacta en el crecimiento de los individuos.

CONCLUSIONES

El tipo de vegetación en los sitios corresponde a selva baja de tipo subperennifolia. Las especies que señalan como indicadoras de este tipo de vegetación fueron reportadas para este trabajo, sin embargo no todas estuvieron dentro de los primeros lugares de importancia. Aunque la cantidad de especies que se comparten es superior al 50 % para la mayoría de los sitios, la abundancia de las especies influye en los resultados de las pruebas estadísticas al comparar la diversidad. La mayor diversidad se encuentra en los sitios al centro del municipio, la SI no tiene un potencial para considerar algún programa de manejo; tiene potencial para desarrollar programas de conservación, debido a que como se discutió, tiene pocos individuos con características comerciales y cuenta con especies que son prioritarias de atención en los programas nacionales e internacionales.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Eduardo Martínez Romero, por facilitar información relacionada a los bajos inundables. A los parataxónomos Demetrio Álvarez y Manuel Arana, por el apoyo en la identificación del material botánico en campo. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca de posgrado Número: 354871 otorgada al primer autor. A los comisarios ejidales de las localidades en las cuales se trabajó. A Investigación y Soluciones Socioambientales A.C. por el apoyo en la logística y trabajo de campo.

LITERATURA CITADA

- Balán-Mosqueda OC, Quintero-Castillo AC, Chiappy-Jhones CJ (2002) Importancia de la conservación de un fragmento de selva baja inundable (Tintal), en la DACBiol. de la UJAT. *Kuxulkab'Revista de Divulgación*, 8 (15): 39–46.
- Beard JS (1955). The classification of tropical American vegetation-types. *Ecology*, 89-100.
- Begon M, Townsend CR, Harper JL (2006) Ecology from individuals to ecosystems 4th ed. Malden, MA: Blackwell Publishing Ltd., 759 p.
- Calderón-Mandujano RR, Galindo-Leal C, Cedeño-Vazquez JR (2008) Utilización de hábitat por reptiles en estados sucesionales de selvas tropicales de Campeche, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 24 (1): 95–114.
- CICY (2010) Flora Digital: península de Yucatán [en línea]. Disponible en: http://www.cicy.mx/sitios/flora%20digital/indice_búsqueda.php. Fecha de Consulta: 2 de mayo del 2015.
- Clarke KR (1993) Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18: 117–143.
- CONABIO (2015?) NaturaLista [en línea]. Disponible en: http://naturalista.conabio.gob.mx/places/mexico#establishment_means=endemic. Fecha de Consulta: 5 de mayo del 2015.
- Cortés-Castelán JC, Islebe GA (2005). Influencia de factores ambientales en la distribución de especies arbóreas en las selvas del sureste de México. *Revista de Biología tropical*, 53 (1/2), 115.
- Damasceno-Junior GA, Semir J, Dos Santos FAM, de Freitas Leitão-Filho H (2005). Structure, distribution of species and inundation in a riparian forest of Rio Paraguai, Pantanal, Brazil. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 200 (2), 119-135.
- Díaz-Gallegos JR, Castillo-Acosta O, García-Gil G (2002) Distribución espacial y estructura arbórea de la selva baja subperennifolia en un ejido de la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, México. *Universidad y Ciencia*, 18 (35): 11–28.
- Ferreira LV, Prance GT (1998). Structure y species richness of low-diversity floodplain forest on the Rio Tapajós, Eastern Amazonia, Brazil. *Biodiversity & Conservation*, 7 (5), 585-596.
- Frangi JL, Lugo AE (1985). Ecosystem dynamics of a subtropical floodplain forest. *Ecological Monographs*, 351-369.

- Galindo-Leal C (1999) La Gran Región de Calakmul, Campeche: Prioridades biológicas de conservación y propuesta de modificación de la Reserva de la Biósfera. Center for Conservation Biology, Stanford University. Stanford California. Reporte final a *World Wildlife Fund-México*, México D. F., 40 p.
- García E (1973) Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köepen. *Inst. Nal. de Geografía. UNAM*, México.
- García E (1988) Adaptación del sistema climatológico de Köepen a la República mexicana. México, 76 p.
- García-Gil G, March-Mifsut I, Castillo-Santiago MÁ (2001) Transformación de la vegetación por cambio de uso del suelo en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche. *Investigaciones Geográficas*, 46 (2):45–57.
- García-Gil G, Palacio-Prieto JL, Ortiz-Pérez MA (2002) Reconocimiento geomorfológico e hidrográfico de la Reserva de la Biosfera Calakmul, México. *Investig Geográficas, Boletín del Inst Geogr UNAM* :7–23.
- García-Licona JB, Esparza-Olguín LG, Martínez-Romero E (2014). Estructura y composición de la vegetación leñosa de selvas en diferentes estadios sucesionales en el ejido El Carmen II, Calakmul, México. *Polibotánica*, (38), 01-26.
- González-Valdivia N, Ochoa-Gaona S, Ferguson BG, Pozo C, Kampichler C, Pérez-Hernández I (2012). Análisis comparativo de la estructura, diversidad y composición de comunidades arbóreas de un paisaje agropecuario en Tabasco, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 83 (1), 83-99.
- Hammer O, Harper DAT, Ryan PD (2001) PAST: Paleontological Statistics software package for education y analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4 (1): 1-9.
- Hutcheson K (1970) A test for comparing diversities based on the Shannon formula. *Journal of Theoretical Biology* 29:151-154.
- INEGI (2014) CEM_V3_R15_E04.rar. Datos de relieve continental: Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 (CEM 3.0) – descarga versión 2014.08.01. Área Geoestadística Estatal: Campeche. <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/descarga.aspx>. Fecha de Consulta: 25 enero del 2015.
- IUCN (2015) The IUCN Red List of Threatened Species Version 2015.1 [en línea]. Disponible en: <http://www.iucnredlist.org>. Fecha de consulta: 1 de junio del 2015.
- Junk WJ (1997). General aspects of floodplain ecology with special reference to Amazonian floodplains. In The Central Amazon Floodplain (pp. 3-20). *Springer Berlin Heidelberg*.
- Lopez OR (2009). Fisiología y ecología de comunidades arbóreas en hábitats inundables. *Acta Biológica Panamensis*, 1, pp. 68–86.

- Lundell C (1934) Preliminary sketch of the phytogeography of the Yucatan Peninsula. *Carn. Inst. Wash. Publ.*, 436: 257–321.
- Magurran AE (1988). Ecological diversity and its measurement (Vol. 168). Princeton: *Princeton university press*.
- Magurran AE (2004) Measuring Biological Diversity. *John Wiley & Sons Inc.*, 256 p.
- Marks CO, Nislow KH, Magilligan FJ (2014). Quantifying flooding regime in floodplain forests to guide river restoration. *Elementa: Science of the Anthropocene*, 2 (1), p31.
- Martínez E, Galindo-Leal C (2002) La vegetación de Calakmul, Campeche, México: clasificación, descripción y distribución. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 71: 7–32.
- Mickelbart, M. V., & Marler, T. E. (1996). Root-zone sodium chloride influences photosynthesis, water relations, and mineral content of sapodilla foliage. *HortScience*, 31(2), 230-233.
- Miranda F, Hernández XE (1963) Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 28: 29–178.
- Moreno-Casasola P, Infante MDM (2009) Manglares y selvas inundables. Primera ed. Xalapa, Ver. México, 150 p.
- NOM-059-SEMARNAT (2010) Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010: Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo. Disponible en: <http://www.iucnredlist.org>. Fecha de consulta: 1 de junio del 2015.
- Palacio-Aponte AG, Noriega-Trejo R, Zamora-Crescencio P (2002) Caracterización físico-geográfica del paisaje conocido como “bajos inundables”. El caso del Área Natural Protegida Balamkín, Campeche. *Investigaciones Geográficas*, Boletín del instituto de Geografía, UNAM, 49: 57–73.
- Parolin P, De Simone O, Haase K, Waldhoff D, Rottenberger S, Kuhn U, Kesselmeier J, Kleiss B, Schmidt W, Piedade MTF, Junk WJ (2004). Central Amazonian floodplain forests: tree adaptations in a pulsing system. *The Botanical Review*, 70 (3), 357-380.
- Pennington TD, Sarukhan J (2005). Árboles tropicales de México: manual para la identificación de las principales especies. UNAM.Pp: 35-36.
- Ponnamperuma FN (1984) Effects of flooding on soils. In: Flooding y plant growth. T. T. Kozlowski (Ed). Academic Press, San Francisco, California, USA. Pp: 9–45.
- Reyna-Hurtado R, Tanner G (2005) Habitat Preferences of Ungulates in Hunted y Non hunted Areas in the Calakmul Forest, Campeche, Mexico. *Biotropica*, 37 (4): 676–685.

- Triola MM, Triola MF (2006) Statdisk software, complement of book: Biostatistics: for the biological y health sciences. Available at: <http://www.statdisk.org/>.
- Tun-Dzul FJ, Vester H, Durán-García R, Schmook B (2008) Estructura arbórea y variabilidad temporal del NDVI en los “bajos inundables” de la península de Yucatán, México. *Polibotánica*, (25): 69–90.
- Vázquez-Negrín I, López-Pérez D, Montalvo-Urgel HE, Méndez Sánchez CA, Castillo Acosta O (2010) Estructura y composición florística de vegetación inundable en la División Académica de Ciencias Biológicas, Villahermosa, Tabasco. *Kuxulkab´ Revista Divulgación* 17: 21–30.
- Villalobos-Zapata GJ, Mendoza-Vega J (2010) La Biodiversidad en Campeche: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Gobierno del Estado de Campeche, Universidad Autónoma de Campeche, El Colegio de la Frontera Sur. México. 730 p.

Capítulo III. Conclusiones

Este trabajo contribuye al conocimiento de la selva inundable (SI) del municipio de Calakmul. Su principal aporte es describir la diversidad florística de la SI al sureste del municipio, complementando la información de la SI para el municipio de Calakmul. El trabajo permite tener una perspectiva más amplia de la variación en la distribución espacial de las especies que conforman la SI del municipio.

Los sitios que se visitaron presentan un buen estado de conservación al observarse la diversidad de lianas y epifitas (bromelias y orquídeas) así como la amplia densidad de herbáceas que hacen difícil el acceso al sitio. Al centro del municipio, se tienen las condiciones más similares en la altitud y topografía. Es posible apreciar el terreno plano donde se desarrolla la SI, no se aprecian canales que indiquen corrientes superficiales. Al sur se observó una topografía más accidentada y acumulación de agua superficial en la época de sequía, así mismo se observaron canales superficiales que se forman por las escorrentías durante la época de lluvias.

La composición de especies entre los sitios fue similar en más del 50%. Las especies *Hampea trilobata*, *M. brownei* y *Vitex gaumeri*, fueron las únicas que se reportaron en todos los sitios. Estadísticamente no existe una diferencia en la composición y estructura de la vegetación, entre los sitios del centro con respecto a los sitios del sur del municipio. El principal factor que ocasiona que los sitios se agrupen es el número de individuos de la misma especie entre un sitio y otro. La dominancia de alguna especie, que en algunos sitios se da por la mayor abundancia y en otros por el tamaño de los individuos, influye en los valores de diversidad y de importancia relativa (VIR).

El tiempo de desarrollo de la SI es mayor a otro tipo de selvas (Cortés-Castelán e Islebe 2005), puesto que aunque exista similitud en las propiedades del suelo, factores como la inundación, el tiempo que permanece un sitio inundado y su profundidad influyen en el desarrollo de las especies vegetales. Solo algunas especies, que tienen una mejor adaptación a la inundación logran tener un crecimiento más rápido, lo que juega un papel importante en la dominancia de alguna especie, esto se pudo observar en los sitios Arroyo Negro y Carlos A. Madrazo, que son los sitios que presentaron dominancia de especies.

Los sitios al centro del municipio registraron la mayor cantidad de individuos con diámetro pequeño (menor a 5.5 cm), lo que refiere que existe reclutamiento de nuevos individuos a la comunidad de SI. Por otro lado, el que se trate de selvas bajas, podría deberse a la topografía pues se trata de un área plana, donde el agua permanece mayor tiempo sin movimiento, lo que disminuye la disponibilidad de oxígeno durante la inundación. Cuando el terreno logra secarse la evaporación y la filtración del agua ocasionan que los suelos tengan una capa de sal en la superficie lo que limita de igual forma el desarrollo de los individuos (Lopez 2009), contrario a lo que ocurre al sur del municipio. Otro aspecto que podría explicar la estructura de la SI al centro del municipio es lo que describen Martínez y Galindo-Leal (2002) que el centro del municipio fue un área fuertemente afectada durante la época maderable y posiblemente estos sitios de SI están recuperándose, sin embargo en los sitios no se pudo apreciar algún indicio de actividad humana.

Las especies *H. campechianum*, *M. brownei* y *M. zapota* que se reportan para este trabajo con mayor VIR, son reportadas en otros trabajos como características o representativas de SI (Díaz-Gallegos et al. 2002; Martínez y Galindo-Leal 2002; Palacio-Aponte et al. 2002) y en otros trabajos con más de 50 años (Miranda 1958; Lundell 1934; Standley 1930). Lo anterior permite decir que estas especies se mantendrán como especies representativas de la SI debido a que como muestran los resultados, tienen individuos más jóvenes que pueden ocupar el lugar de los individuos más grandes si estos llegaran a desaparecer.

Las especies que tienen individuos de mayor tamaño y que ocupan los primeros puestos en VIR en los sitios pueden ser reemplazados por la especie que ocupe el segundo sitio de importancia y en este aspecto juega un papel importante la inundación. Esto lo menciona Lopez (2009) al explicar cómo la inundación condiciona el tamaño de los individuos que puede soportar un sitio, debido a que la inundación reduce la capacidad de soporte del suelo y ante un disturbio de magnitud considerable, estos serían los primeros en desaparecer. Esto puede observarse si se comparan los sitios Centauro del Norte con el sitio Unidad y Trabajo.

En Centauro del Norte *M. zapota* ocupa el primer puesto seguido de *M. brownei*. Contrario al sitio Unidad y Trabajo *M. brownei* ocupa el primer puesto y *M. zapota* el

segundo. Así como sucede en estos sitios, en el resto de los sitios se puede observar como las especies que ocupan el segundo o tercer puesto de VIR en un sitio, ocupan el primer puesto en otros sitios como es el caso de *H. campechianum*.

Martínez y Galindo-Leal (2002) definen a estas diferencias en la especie dominante como alta heterogeneidad en la diversidad de los servicios ambientales que brinda la SI y destacan la importancia que tiene en la diversidad de fauna que puede albergar lo que repiten Palacio-Aponte et al. (2002) al categorizar a la SI como un humedal terrestre.

Literatura citada

- Balvanera P. 2012. Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Revista Ecosistemas*, 21(1-2), pp.136–147.
- Barthlott W, Schmit-Neuerburg V, Nieder J, Engwald S. 2001. Diversity and abundance of vascular epiphytes: a comparison of secondary vegetation and primary montane rain forest in the Venezuelan Andes. *Plant Ecology*, 152, pp.145–156.
- Brown JC. 2005. *A study of forest communities and woody plant distributions in the Calakmul Biosphere Reserve, Campeche, Mexico*. [online] *Ecology*, Available at: <file:///D:\Bibliograf?a\pdf\491.pdf\nno>.
- Cach-Pérez MJ, Andrade JL, Chilpa-Galván N, Tamayo-Chim M, Orellana R, Reyes-García C. 2013. Climatic and structural factors influencing epiphytic bromeliad community assemblage along a gradient of water-limited environments in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Tropical Conservation Science*, 6(2), pp.283–302.
- Chivian E. MD. 2002. Biodiversity: Its Importance to Human Health. Center for Health and the Global Environment Harvard Medical School, p.60.
- Cortés-Castelán J, Islebe G. 2005. Influencia de factores ambientales en la distribución de especies arbóreas en las selvas del sureste de México. *Rev.Biol.Trop*, 53(June), pp.115–133.
- Díaz-Gallegos JR, Castillo-Acosta O, García-Gil G. 2002. Distribución espacial y estructura arbórea de la selva baja subperennifolia en un ejido de la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, México. *Universidad y Ciencia*, 18(35), pp.11–28.
- Frangi JL, Lugo AE. 1985. Ecosystem dynamics of a subtropical floodplain forest. *Ecological Monographs*, 55(3), pp.351–369.
- Galindo-Leal C. 1999. *La gran Región de Calakmul, Campeche: Prioridades biológicas de conservación y propuesta de modificación de la Reserva de la Biosfera. Reporte final a World Wildlife Fund-México, DF*. México, México D.F.
- García-Gil G, Palacio-Prieto JL, Ortiz-Pérez MA. 2002. Reconocimiento geomorfológico e hidrográfico de la Reserva de la Biosfera Calakmul, México. *Investigaciones*

Geográficas, Boletín del instituto de Geografía, UNAM, (48), pp.7–23.

- García-Gil G, Pat-Fernández JM. 2000. Apropiación del espacio y colonización en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, México. *Revista Mexicana del Caribe*, 5(10), pp.212–231.
- García-Gil G, March-Mifsut I, Castillo-Santiago MÁ, 2001. Transformación de la vegetación por cambio de uso del suelo en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche. *Investigaciones Geográficas*, 46(2), pp.45–57.
- Gitay H, Suárez A, Watson RT. 2002. *Cambio Climático y Biodiversidad*. Documento técnico V del IPCC. Ginebra.93p.
- Lopez OR. 2009. Fisiología y ecología de comunidades arbóreas en hábitats inundables. *Acta Biológica Panamensis*, 1, pp.68–86.
- Lundell C. 1934. Preliminary sketch of the phytogeography of the Yucatan Peninsula. *Carn. Inst. Wash. Publ.*, 436, pp.257–321.
- Martínez E, Galindo-Leal C. 2002. La vegetación de Calakmul, Campeche, México: clasificación, descripción y distribución. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 071, pp.7–32.
- Miranda F. 1958. Estudios acerca de la vegetación. In: Beltrán, E. (editor). Los Recursos Naturales del Sureste y su Aprovechamiento. Tomo II. *Instituto Mexicano de Recursos Naturales no Renovables, México D. F.*, pp.215–271.
- Miranda F, Hernández XE. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 28, pp.29–178.
- Moreno-Casasola P, Infante MDM. 2009. *Manglares y selvas inundables*. primera ed. Xalapa, Ver. México.
- Olmsted IC, Duran R. 1986. Aspectos ecológicos de la selva baja inundable de la reserva Sian Ka'an, Quintana Roo, México. *Biótica (México, D.F.)*, [online] 11(3), pp.151–179. Available at: <<http://biblat.unam.mx/es/revista/biotica-mexico-d-f/articulo/aspectos-ecologicos-de-la-selva-baja-inundable-de-la-reserva-sian-kaan-quintana-roo-mexico>> [Accessed 3 Apr. 2014].

- Palacio-Aponte AG, Noriega-Trejo R, Zamora-Crescencio P. 2002. Caracterización físico-geográfica del paisaje conocido como “bajos inundables”. El caso del Área Natural Protegida Balamkín, Campeche. *Investigaciones Geográficas, Boletín del instituto de Geografía, UNAM*, (49), pp.57–73.
- Parolin P, Simone O, Haase K, Waldhoff D, Rottenberger S, Kuhn U, Kesselmeier J, Kleiss B, Schmidt W, Pledade MTF, Junk WJ. 2004. *Central Amazonian Floodplain Forests: Tree Adaptations in a Pulsing System. The Botanical Review*, 70(3), 357-380.
- Pérez L, Lorenschat J, Massaferro J, Pailles C, Sylvestre F, Hollwedel W, Gerd-Oltmann B, Mark Brenner, Islebe G, Lozano MS, Scharf B, Schwalb A. 2013. Bioindicators of climate and trophic state in lowland and highland aquatic ecosystems of the Northern Neotropics. *Revista de biología tropical*, [online] 61(2), pp.603–44. Available at: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23885579>>.
- Reyna-hurtado R, Tanner GW. 2005. Habitat Preferences of Ungulates in Hunted and Nonhunted Areas in the Calakmul. *Biotropica*, 37(4), pp.676–685.
- Reyna-hurtado RA. 2002. *Hunting effects on the ungulate species in Calakmul forest, México. University of Florida*.
- Standley PC. 1930. *Flora of Yucatan*. 3rd ed. [online] Universidad de Texas: Field Museum of natural history Vol. 3. Available at: <<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Flora+of+Yucatan#0>> [Accessed 3 Apr. 2014].
- Tun-Dzul FJ, Vester H, Durán-García R, Schmook B. 2008. Estructura arbórea y variabilidad temporal del NDVI en los “bajos inundables” de la Península de Yucatán, México. *Polibotánica*, (25), pp.69–90.
- Villalobos-Zapata G J, Mendoza Vega J. 2010. La Biodiversidad en Campeche: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Gobierno del Estado de Campeche, Universidad Autónoma de Campeche, El Colegio de la Frontera Sur. México. 730p.