

## Influencia de factores ambientales en la distribución de especies arbóreas en las selvas del sureste de México

José C. Cortés-Castelán & Gerald A. Islebe

El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal, Herbario, Avenida Centenario Km 5.5, Chetumal, Quintana Roo, México; gerald@ecosur-qroo.mx. Tel.: 9838350440 ext. 4300. Fax: 9838350454.

Recibido 15-I-2002. Corregido 09-VIII-2002. Aceptado 23-I-2003.

**Abstract: Influence of environmental factors on the distribution of tree species in the forests of south-eastern Mexico.** We studied the relationship between the distribution of tree species and environmental factors in the Sian Ka'an Biosphere Reserve, south-eastern Mexico. Our main objective was to examine how changes in microtopography and edaphic factors influence the distribution of tree species of medium and low-statured forests. We established 17 plots of 625 m<sup>2</sup> and collected data on spatial distribution of individuals with dbh  $\geq$  5 cm, and the following soil variables: electric conductivity (CE), cationic exchange capacity (CEC), textural class, pH, organic matter (MO), total nitrogen (Nt) and phosphorus availability (P). We used Twinspan to classify the plots and applied indirect (DCA) and direct (CCA) gradient analysis. We found 84 species and 4 433 individuals. MO, texture and CEC varied significantly ( $p \leq 0.05$ ) between the high and low parts. DCA and CCA indicated that the species distribution is strongly influenced by the microtopography gradient and the textural class. Using DCA and CCA exclusively on the data of the low parts, two low statured forest types were identified: one characteristic of low zones (soil slightly basic and high percentage of clay), the other surrounded by medium statured forest (soil slightly acid, high CEC, MO and clay). *Rev. Biol. Trop.* 53(1-2): 115-133. Epub 2005 Jun 24.

**Key words:** Soil, microtopography, multivariate analysis, gradient analysis, vegetation, tropical forests.

Por mucho tiempo se ha tratado de establecer si el factor suelo determina la presencia de las especies vegetales en las selvas tropicales y si dicha influencia puede indicar diferencias en las propiedades del mismo (Tuomisto y Dalberg 1996, Sollins 1998). Los suelos están condicionados por el tipo de roca madre, la topografía, el clima y la vegetación, entre otros factores. La interacción de dichos factores a través del tiempo produce una alta heterogeneidad en las propiedades del suelo, que influye en la vegetación que ellos soportan (Gómez-Pompa *et al.* 1964a, Meave del Castillo 1990, Archibold 1995, Kircher 1997, Gómez-Guiñán 2004).

Diferentes autores (Gómez-Pompa *et al.* 1964a, Gómez-Pompa *et al.* 1964b, Piñero 1976, Gómez-Pompa y León 1982, Pérez y

Sarukhán 1982, Brunig 1983, Budowski 1986, Stephenson 1990, Tuomisto y Dalberg 1996, Goslee *et al.* 1997, Sánchez e Islebe 2002) señalan que en condiciones climáticas con poca variación y a un nivel regional, los factores edáficos y microtopográficos determinan las diversas formaciones vegetales a una escala local. Sin embargo, Tuomisto y Dalberg (1996) establecen que en las selvas tropicales, la presencia de una alta riqueza de especies dificulta obtener muestreos representativos florísticos y espaciales que registren la relación entre la vegetación y el suelo.

Las condiciones físicas y bióticas presentes en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an (RBSK) son de particular interés para su estudio. La RBSK se localiza en un área poco elevada (<10 msnm), donde existe un mosaico

de diversas formaciones vegetales como selvas subperennifolias, subcaducifolias, inundables, tasistales (formado por *Acoelorrhaphe wrightii*), marismas de zacate, manglares chaparros y de franja, petenes (islas de vegetación selvática) y dunas. Según Anónimo (1980), Anónimo (1983), Olmsted *et al.* (1983), Olmsted y Durán (1990) y Navarro (1992) la RBSK muestra relativamente pocas especies con relación a la superficie y un número importante de especies endémicas en la península de Yucatán (Olmsted y Durán 1990, Navarro 1992). Este mosaico vegetal se desarrolla en condiciones climáticas de poca variación, tanto en precipitación y temperatura (García 1981) y factores ambientales como la microtopografía y la condición edáfica pueden influir en la distribución de las especies presentes. El objetivo de esta investigación fue establecer las diferencias en las características fisicoquímicas del suelo entre las zonas altas y bajas del relieve y su influencia en la distribución de los elementos arbóreos y arbustivos que conforman los tipos de comunidades presentes en la RBSK, Quintana Roo, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio:** La RBSK fue reconocida por la UNESCO en 1986, se localiza en el centro-costa del estado de Quintana Roo (19°05' y 20°08' N, 87°23' y 88°03' W) en los municipios de Felipe Carrillo Puerto, Cozumel y Solidaridad (Dachary y Burne 1989) y forma parte de la provincia florística-fisiográfica de la península de Yucatán en la región Caribe (Rzedowski 1978, Ibarra-Manríquez *et al.* 1995). Se encuentra delimitada al este por el mar Caribe y la barrera de arrecifes hasta una profundidad de 50 m, al suroeste por las marismas y selvas subperennifolias, al sur por los municipios de Felipe Carrillo Puerto y Othón P. Blanco, y al norte y noroeste por los ejidos Pino Suárez y Chunyaxché (López-Ornat 1983) (Fig. 1).

La RBSK cubre un área de 528 147 ha, de las cuales 120 000 están dentro de las aguas continentales del mar Caribe. Presenta una gran

variedad de ambientes terrestres y acuáticos, representativos de la península de Yucatán y del Caribe mexicano (Anónimo 1983) con tres zonas núcleo: Cayo Culebra, Muyil y Uaimil (Anónimo 1996). El clima según el sistema de Koeppen es del tipo Aw'' (X'), la precipitación media anual fluctúa entre 1100 y 1200 mm, y la temperatura promedio anual es de 26.1°C (García 1981, Navarro 1992). Gran parte de la reserva está en la franja geológica más reciente de la península de Yucatán (Pleistoceno Reciente). Se constituye sobre roca calcárea muy soluble, y eso da lugar a formaciones karst con suelos pobres, jóvenes, someros, pedregosos y fácilmente degradables. No existen ríos y el agua que recibe el suelo se filtra rápidamente (Olmsted y Durán 1990, Anónimo 1996).

La RBSK presenta microrelieves de importancia local denominados *ak'alche'*, que en lengua maya significa *ak'al* = estanque, aguada; mientras que *che'* = árbol y refiere a zonas inundables arboladas (Barrera *et al.* 1976). Estos

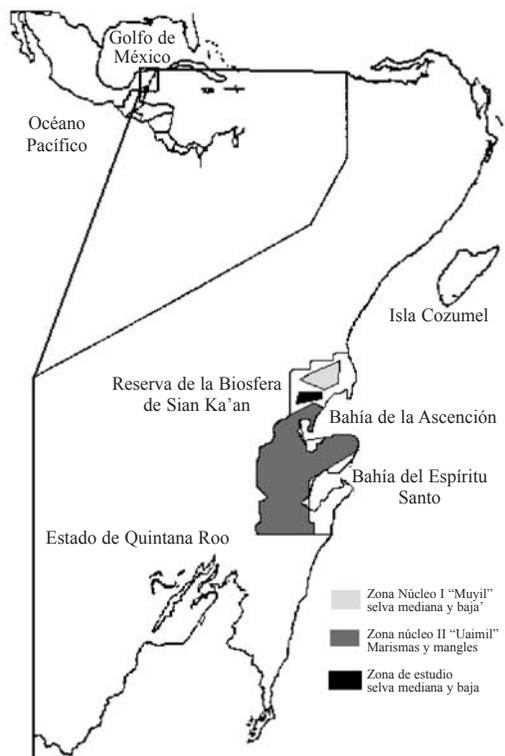


Fig. 1. Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México.

son áreas planas delimitadas por porciones de terrenos más elevadas y sus variaciones ocasionan diferencias en los períodos de inundación y la interacción de estos factores determinan un gradiente de distribución de suelos y donde se mezclan elementos florísticos de diferentes tipos de vegetación (López-Ornat 1983, Olmsted *et al.* 1983, López-Portillo *et al.* 1989, Olmsted y Durán 1986, 1990, Navarro 1992).

**Muestreo de vegetación:** El estudio fue realizado a mediados de 1999 entre la zona de amortiguamiento de la zona Núcleo I y II (“MUYIL” y “UAIMIL”, respectivamente) de la RBSK. La composición florística y la distribución del área basal de cada una de las especies se evaluó en 17 cuadros de 25 x 25 m (Miranda *et al.* 1967). Se censaron todos los individuos enraizados dentro del cuadro con un DAP  $\geq$  a 5 cm y se registró su disposición espacial. Se obtuvieron la dominancia y densidad para determinar el valor de importancia de cada especie (Mueller-Dombois y Ellenberg 1974). Se realizó un inventario florístico, cotejándose con ejemplares botánicos del herbario de El Colegio de la Frontera Sur-unidad Chetumal.

Para la elaboración de los perfiles de vegetación se establecieron líneas de Canfield de 25 m de longitud, de la parte baja a la alta del *ak'alche* y los datos de vegetación obtenidos fueron: altura total del individuo, posición espacial, especie correspondiente y la profundidad del *ak'alche* (Brunig 1983).

**Variables edáficas:** Se obtuvo una muestra compuesta y sistemática en forma de zig-zag en la parte alta del *ak'alche* y otra en la parte baja hasta una profundidad de 30 cm, con un peso aproximado de 500 g (Salgado *et al.* 1999) en cada sitio. Las muestras se enviaron al Instituto de Edafología de la Unidad Montecillos del Colegio de Postgraduados donde se determinaron: pH (1:10, suelo-agua, potenciómetro), capacidad de intercambio catiónico (CIC, meq kg<sup>-1</sup>), textura (higrómetro de Bouyoucos), conductividad eléctrica (CE, conductímetro dS m<sup>-1</sup>), materia orgánica (MO, Walkley-Black por combustión vía húmeda), nitrógeno total (digestión triácida micro-Kjeldahl) y fósforo

disponible (Olsen para suelos básicos y neutros y Bray-1 para suelos ácidos).

**Análisis de datos:** Las diferencias entre las variables de suelo respecto a la condición microtopográfica (alta y baja) fueron calculadas con una prueba no paramétrica Wilcoxon-Mann-Whitney (Siegel y Castellan 1998) en el paquete estadístico SPSS (versión 10.0, 1997). La clasificación de los muestreos fue realizada con el análisis de cluster aglomerativo de distancias euclidianas ligado al método del vecino más cercano (McCune y Mefford 1997), obtenida con el programa TWINSpan (Hill 1979) con los datos de composición florística y de valor de importancia. La ordenación indirecta y directa de la vegetación fue llevada a cabo usando el Análisis de Correspondencia Distendido (ACD) y Análisis de Correspondencia Canónico (ACC). Los primeros tres ejes del ACD y ACC fueron relacionados con las variables ambientales usando el área basal total estandarizado por especie de cada cuadro de muestreo. Para determinar las respuestas de las asociaciones vegetales a los factores de microrelieve y edáfico (cada variable edáfica fue tomada como una variable estadística). Los datos se capturaron (área basal, los edáficos y de microrelieve) en el programa PC-ORD (versión 3.2) (McCune y Mefford 1997).

## RESULTADOS

**Riqueza de especies:** Se registraron 32 familias, 71 géneros y 84 especies, de las cuales 30 presentaron forma biológica arbórea y el resto de las especies fueron arbustivas. La mayor riqueza de géneros y especies se encuentra en 5 familias: Fabaceae (14/17), Sapotaceae (4/8), Rubiaceae (4/5), Euphorbiaceae (4/4) y Polygonaceae (3/4) que suman el 44.3% del total de los géneros y el 46.4% del total de las especies.

**Estructura vegetal:** Se registró un total de 4 433 individuos. Los cuadros sin *ak'alche* (Cuadro 1) presentaron el mayor número promedio total de individuos (294 ind /625 m<sup>2</sup>),

CUADRO 1

*Distribución de individuos, especies y área basal total en la Reserva de Sian Ka'an, México*

TABLE 1

*Distribution of individuals, species and total basal area in the Sian Ka'an Biosphere, Mexico*

Levantamiento	Número de Individuos			Área basal total			Número de Especies			
	total/sitio (625 m <sup>2</sup> )			0.1 ha <sup>2</sup>	(m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )			total/sitio (625 m <sup>2</sup> )		
	alta	baja	total	total	alta	baja	total	alta	baja	total
1	177		177	283	31.44		31.44	33		33
9	196		196	314	28.29		28.29	27		27
4	329		329	526	33.97		33.97	41		41
5	301		301	482	32.25		32.25	39		39
6	489		489	782	28.4		28.40	36		36
16	375		375	600	33.36		33.36	36		36
17	192		192	307	11.94		11.94	29		29
Promedio	294.1		294.1	470.5	28.52		28.52			
2*	165	7	172	275	18.62	4.01	22.63	37	5	38
13*	266	15	281	450	30.93	1.43	32.36	38	5	40
14*	289	9	298	477	22.36	3.98	26.34	35	7	42
3*	84	77	161	258	6.11	17.97	24.08	20	16	25
7*	100	58	158	253	11.58	19.93	31.51	29	5	32
10*	120	51	171	274	12.38	18.98	31.36	30	13	32
8*	137	45	182	291	12.70	11.27	23.97	21	6	22
11*	214	121	335	536	14.54	9.20	23.74	16	16	21
12*	293	93	386	618	14.3	13.23	27.53	31	19	34
15*	169	61	230	368	15.23	7.15	22.38	25	8	27
Promedio	183.7	53.7	237.4	380	15.87	10.71	26.59			

\* sitios con presencia de ak'alche

área basal total (28.52 m<sup>2</sup>/ha) y especies en comparación con los que presentan *ak'alche'* (237.4 ind /625 m<sup>2</sup> y 26.7 m<sup>2</sup>/ha respectivamente). Al analizar exclusivamente los sitios con presencia de *ak'alche'* en la zona baja, el número de individuos (53.7 ind /625 m<sup>2</sup>) y área basal promedio (10.71 m<sup>2</sup>/ha) es menor en comparación a la parte alta (183.7 ind /625 m<sup>2</sup> y 15.87 m<sup>2</sup>/ha, respectivamente).

**Variables edáficas:** La prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney (Cuadro 2) realizada para cada variable edáfica entre la condición microtopográfica (parte alta y baja del *ak'alche'*) indica que sólo existieron diferencias significativas (P≤0.05) en MO, CIC y arcilla y con tendencia la variable arena, las dos primeras variables con mayores registros en la parte alta, mientras que la arcilla con altos porcentajes

CUADRO 2

*Prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney para las variables edáficas registradas en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México*

TABLE 2

*Wilcoxon-Mann-Whitney test for the edaphic variables from the Sian Ka'an Biosphere, Quintana Roo, Mexico*

	MO	Nt	CE	CIC	Arcilla	Limo	Arena	pH
Mann-Whitney	40	56	84	42	43	57.5	48	65.5
Wilcoxon W	95	111	237	97	196	112.5	103	120.5
Significancia	*0.023	0.155	0.98	*0.031	*0.035	0.17	0.066	0.334

\*Presentan diferencias significativas a una P≤0.05

en la parte baja. Los suelos en la parte baja del *ak'alche* resultaron moderadamente ácidos (5.1 a 6.5 pH) y neutros (6.6-7.3 pH), mientras en la parte alta fueron moderadamente alcalinos (7.4-8.5 pH) de acuerdo a la clasificación de Letelier (1967 citado por Salgado *et al.* 1999, Siebe *et al.* 1996). Con base en los ámbitos establecidos por Tavera (1985 *vide* Salgado *et al.* 1999) se encontró que son suelos muy ricos en MO y Nt, debido a que son superiores al 5% y 0.25 %, respectivamente (Cuadro 3). El fósforo disponible extraído por ambos métodos sería considerado como bajo, de acuerdo a la clasificación que reportan Salgado *et al.* (1999); además, no se detectó en algunos sitios de la parte alta. Al describir la clase textural para cada uno de sus componentes (arena, limo y arcilla), la parte alta registra altos porcentajes de arena con texturas que varían de arcillosa, franco-arcillosa, franco-arcillosa-arenosa hasta franco-arenosa, mientras que las zonas bajas presentan altos porcentajes de arcilla (Cuadro 3).

**Análisis de gradiente I:** La relación entre las variables ambientales y los cuadros de muestreo es ilustrada por ambos diagramas de ordenación ACD (Fig. 2) y ACC (Fig. 3). La ordenación indirecta señaló que el conjunto de datos está bien estructurado. El eje uno y dos tienen *eigenvalues* de 0.701 y 0.369, respectivamente, y son mayores a los registrados en el ACC (0.385 y 0.269, respectivamente), lo cual indica una clara separación a lo largo de los ejes. En ambos análisis se considera que los muestreos registraron toda la variación presente de acuerdo a la medición de las variables ambientales que se refleja en la presencia de patrones similares entre el porcentaje de materia orgánica y el primer eje. La ordenación de los sitios en el ACD indica las diferencias entre la vegetación que se establece en la parte baja y alta. Los dos grupos separados marcados sobre el eje uno están arreglados a lo largo de un gradiente complejo de microtopografía, clase textural y porcentaje de MO.

En la Fig. 2A se presenta del lado izquierdo el primer grupo de especies que se distribuyen en las zonas altas con altos porcentajes de MO y arena, factores altamente correlacionados con

el primer eje (Pearson y Kendall, e "intraset" de Ter Braak, Cuadro 4). Las especies registradas en estos sitios presentan forma biológica arbórea y alcanzan alturas de 12-15 m e incluyen a *Bursera simaruba*, *Byrsonima bucidaefolia*, *Coccoloba cozumelensis*, *C. spicata*, *Gliricidia sepium*, *Gymnanthes lucida*, *Lysiloma latisiliquum*, *Manilkara zapota*, *Metopium brownei*, *Mosannonna depressa*, *Psidium sartorianum*, *Sabal yapa*, *Talisia olivaeformis*, *Thrinax radiata* y *Vitex gaumeri*.

El lado derecho corresponde a las zonas bajas, con suelos inundables, más profundos, con alto porcentaje de arcilla y limo y que están correlacionados con el primer eje (Pearson y Kendall, e intraset de Ter Braak, Cuadro 4). Bajo estas condiciones ambientales se encontró un menor número de individuos y especies. La forma biológica predominante fue la arbustiva con alturas máximas alrededor de siete metros.

Con relación al gradiente sobre el segundo eje en el diagrama de ordenación del ACD se encontró una separación en dos grupos de las zonas bajas, los cuales dependieron de la similitud en la composición florística, pH, porcentaje de arcilla, limo, arena y MO (Cuadro 4; "intraset" de Ter Braak).

**Análisis de gradiente II:** En este análisis de ordenación exclusivamente se trabajó con los individuos (537) que se distribuyen en las zonas bajas de los 10 *ak'alche*. Los *eigenvalues* (0.668 y 0.43, primer y segundo eje, respectivamente) registrados en los dos primeros ejes fueron altos en el ACD y ACC (0.662 y 0.597, primer y segundo eje, respectivamente). En el análisis del primer eje de ordenación del ACD (Fig. 2B), ACC (Fig. 3B; Cuadro 5) y la correlación (Pearson y Kendall e "intraset" de Ter Braak) de las variables, las más altas correspondieron a la CE, Nt y CIC. El porcentaje explicado de la variación acumulado entre los dos primeros ejes fue muy cercano al 50 % (Cuadro 5).

En el análisis de ACC, se encontraron representado en el diagrama de ordenación (Fig. 3B) tres grupos o variantes de *ak'alche*. En el primer eje y del lado izquierdo se identifican dos grupos con suelos ligeramente básicos, mayor porcentaje de limo, nitrógeno

CUADRO 3  
*Variables edáficas registradas en la parte alta y baja del ak'alche en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, México*

TABLE 3  
*Edaphic parameters in the high and low part of the ak'alche of the Sian Ka'an biosphere, Mexico*

Sitio	Clase textural	arena (%)		limo (%)		arcilla (%)		pH		Fósforo (ppm)		N-total (%)		CIC		M. O.		C. E.	
		alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja
1	Fa	35	24	41	6.9	nd	1.9	86	39	0.8									
9	arc	24	25	51	6.6	1.2	74		31	0.9									
4	Fa	32	29	39	7.1	14.9	1.9	60	39	1.2									
5	faa	59	20	21	7.5	60.5	1.8	75	45	1.6									
6	faa	46	28	26	7.3	2.6	2.0	60	44	1.1									
16	arc	23	19	58	6.8	nd	1.3	73	28	1.8									
17	Fa	29	30	41	7.2	1.3	0.8	68	16	0.7									
2*	arc	25	28	47	6.9	nd	1.3	76	32	0.7									
13*	arc	17	32	66	6.4	6.5	1.2	40	59	1.1									
14*	arc	22	15	61	6.9	6.5	1.2	72	66	1.1									
3*	fa	42	18	35	6.9	7.1	1.0	83	43	1.1									
7*	arc	31	36	46	7.2	6.0	1.2	61	70	1.7									
10*	arc	20	13	22	6.7	6.8	nd	61	42	0.9									
8*	arc	22	32	55	6.7	6.4	1.2	79	73	1.1									
11*	fa	42	9	31	6.2	7.7	1.2	80	30	1.4									
12*	fra	47	22	51	6.9	7.2	5.0	86	40	2.0									
15*	arc	37	41	44	6.6	6.2	1.2	77	22	1.2									

arc= arcillosa, fra= franca, fa= franca-arcillosa, faa= franca-arcilloso-arenosa; \* cuadros con presencia de ak'alche; nd= no detectado.

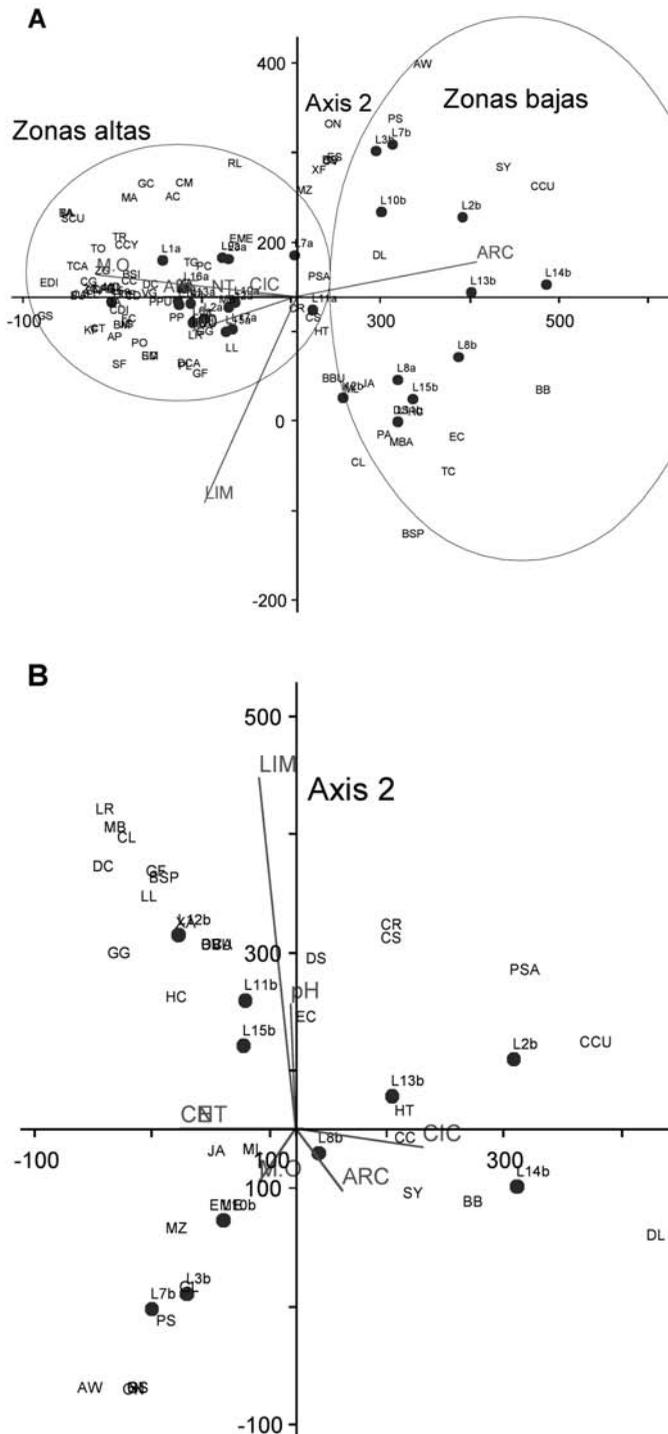


Fig. 2. ACD: correlación entre las especies, sitios de muestreo y variables édificas con el eje 1 y 2. El área basal estandarizada de las especies esta basada en la medición de tallos  $\geq 5$  cm. Las letras corresponden a las especies (Apéndice 1) y los puntos a los muestreos. **A** corresponde a la ordenación de 17 muestreos y 84 especies (Cuadro 3). **B** corresponde exclusivamente a los 10 muestreos de la parte baja del *ak'alche* (Cuadro 4).







total y de CE. Del lado derecho se encuentran *ak'alche* con la mayor CIC y porcentaje de arcilla, con suelos ligeramente ácidos. Las especies que se incluyeron en este grupo fueron: *Bucida buceras*, *Coccoloba cozumelensis*, *C. spicata*, *Crescentia cujete*, *Croton reflexifolius*, *Drypetes lateriflora*, *Eugenia winzerlingii*, *Hampea trilobata*, *Hyperbaena winzerlingii*, *P. sartorianum* y *S. yapa*.

En el segundo eje el gradiente se estableció sobre el contenido de MO para el grupo superior, con presencia de especies como: *Acoelorrhaphe wrightii*, *Exostema mexicanum*, *G. sepium*, *G. lucida*, *Malphigia lundellii*, *M. zapota*, *Zygia stevensonii*, *Ouratea nitida* y *Randia longiloba*. El grupo localizado en la parte inferior del diagrama estuvo determinado por el porcentaje de limo y con presencia de especies que aportan la menor área basal como: *Bucida spinosa*, *B. bucidaefolia*, *Caesalpinia violacea*, *Cameraria latifolia*, *Cordia dodecandra*, *Diphysa carthagenensis*, *Erythroxylum confusum*, *Guettarda gaumeri*, *Gymnopodium floribundum*, *Haematoxylum campechianum*, *Jacquinia aurantiaca*, *Lonchocarpus rugosus*, *L. latisiliquum*, *Malphigia lundellii*, *M. brownii*, *Sideroxylon salicifolium* y *Ximenia americana*.

## DISCUSIÓN

El área basal promedio ( $27.38 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ ) obtenida en este estudio es cercano a lo reportado por Sánchez (1987) y Escoto (1987) para selvas medianas subperennifolias ( $30$  a  $35 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ ) y bajas subcaducifolias ( $22.03 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ ) en el estado de Quintana Roo. El registro de grandes lianas en los *ak'alche* o bajos además es considerado como un importante indicador fisionómico de selvas conservadas (Gillespie *et al.* 2000), lo que permite deducir que las selvas de la RBSK están en buen estado de conservación. Como excepción se encontró un sitio en estado de regeneración sucesional con alrededor de 15 años de edad, con un área basal promedio de  $11.94 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$  y con un alto número de juveniles (192) con diámetros entre 10-19 cm.

**Ordenación I:** La ordenación del ACD (Fig. 2A) y ACC (Fig. 3A) ilustra el gradiente más importante, el continuo arcilla-arena, con un incremento de arcilla en la parte baja y de arena en las zonas altas. El mayor número de especies presentes en la zona alta, como se observa en la Fig. 2A del lado izquierdo, puede estar determinado por el alto contenido de MO, la cual es aportada por especies arbóreas caducifolias y subperennes que alcanzan alturas de 10-18 m. Un alto porcentaje de MO influye en la alta CIC y en el porcentaje de Nt con los cuales presenta una fuerte correlación positiva (Cuadro 4, matriz de correlación), asociado al alto porcentaje de arena, que permite una mayor infiltración del agua y que se establezcan condiciones favorables de humedad para la degradación de la MO. Esto permite una mejor incorporación y estructura al suelo y que la presencia de la salinidad del suelo con valores menores a 2 señale un efecto mínimo sobre la vegetación.

Mientras que en las zonas bajas, localizadas en la parte derecha de la Fig. 2A, la menor distribución de la riqueza, número de individuos y área basal de las especies (Cuadro 4) es atribuido a factores como sequía extrema (al menos 3 meses), disponibilidad de fósforo, inundación temporal (de 3 a 9 meses) y profundidad de inundación. En este estudio se midió una profundidad de hasta 2 m, como se ilustra en el perfil con sus cambios en la vegetación (Fig. 4). Estas características originan condiciones anaeróbicas que no permiten la descomposición de la materia orgánica y por lo tanto la liberación de los nutrientes para que estén disponibles a las plantas. Estos suelos son arcillosos con baja actividad que ocasionan un estrés en las plantas. Estos factores son considerados por Miranda (1958), Gómez-Pompa *et al.* (1964b), De las Salas (1987) Sánchez (1980), Gentry (1988) y Sollins (1998) dentro de los más importantes que determinan la riqueza de especies y el establecimiento y desarrollo de los individuos.

Por otro lado, aunque en las zonas bajas (Cuadro 1) se registra un menor número de

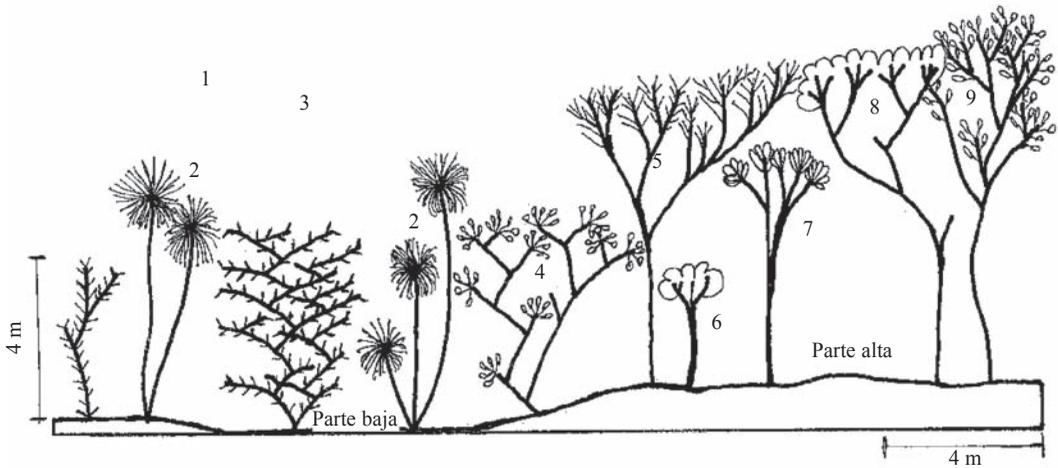


Fig. 4. Perfil de vegetación de *ak'alche'*-SBI (selva baja inundable), en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, México. 1. *Randia longiloba*, 2. *Acoelorrhaphe wrightii*, 3. *Haematoxylum campechianum*, 4. *Cameraria latifolia*, 5. *Psidium sartorianum*, 6. *Hampea trilobata*, 7. *Coccoloba spicata*, 8. *Vitex gaumeri* y 9. *Metopium brownei*.

individuos que en las partes altas, el aporte de área basal promedio es similar, esto es atribuido a las diferencias en la forma biológica de las especies que se establecen en cada zona. En las partes altas la forma predominante es arbórea, en las zonas bajas es arbustiva y esta característica permite al individuo tener un gran número de tallos que oscila entre 10 a 15 en promedio. Especies registradas con estas características son: *B. buceras*, *B. spinosa*, *C. kujete*, *C. latifolia*, *O. nitida* y *Z. stevensonii*. En estas zonas resalta la presencia de especies con distribución restringida a zonas bajas como: *A. wrightii*, *B. spinosa*, *C. kujete*, *E. winzerlingii*, *H. campechianum*, *H. winzerlingii*, *O. nitida* y *S. yapa*.

**Ordenación II:** Los altos registros en los *eigenvalues* en el ACD y ACC señala que existen diferencias dentro del suelo tipo *ak'alche'*, que se encuentra agrupado por sus características y la composición florística. El porcentaje explicado de la variación acumulado entre los dos primeros ejes es muy cercano al 50 % (Cuadro 5), lo que significa que entre estos dos ejes se encuentra bien reflejada la variación de acuerdo a la medición de las variables ambientales y la distribución de las especies vegetales.

Este análisis muestra una tipificación de los *ak'alche'*, aquellos que se encuentran cerca a selvas bajas inundables (*ak'alche'*-SBI) y los

que están inmersos en selvas medianas subperennifolias (*ak'alche'*-SMSP). La diferencia entre ambos es el contenido de materia orgánica, arcilla, limo y pH (Fig. 2B).

Los *ak'alche'*-SBI debido a su cercanía e influencia de esta comunidad, presentan suelos con menor contenido de materia orgánica, lo que implica que el pH registrado es de ligeramente básico a medianamente básico, suelos con colores claros y con altos porcentajes de limo. En este tipo se presenta una dominancia de especies micrófilas con troncos torcidos y menor área basal, formas biológicas arbustivas, copas multiestratificadas y muchas de ellas presentan espinas (*C. latifolia*, *H. campechianum*, *Erythroxylum confusum*, *G. floribundum*, *B. spinosa*, *J. aurantiaca*, *B. bucidaefolia*, *D. carthagenensis*, *M. lundellii*, *M. brownei*, y *S. salicifolium*) como se observa en la figura 4. Asimismo, en el sitio muestreado se presentan coberturas menores del 70%, lo que implica un menor aporte de materia orgánica y suelos pobres en nutrientes. Estas especies están bien adaptadas a un régimen alterno de estaciones secas y húmedas que hace posible el desarrollo de vegetación de selva baja inundable.

Con relación a los *ak'alche'*-SMSP se presentan suelos con mayor contenido de materia orgánica, determinada por el área de influencia

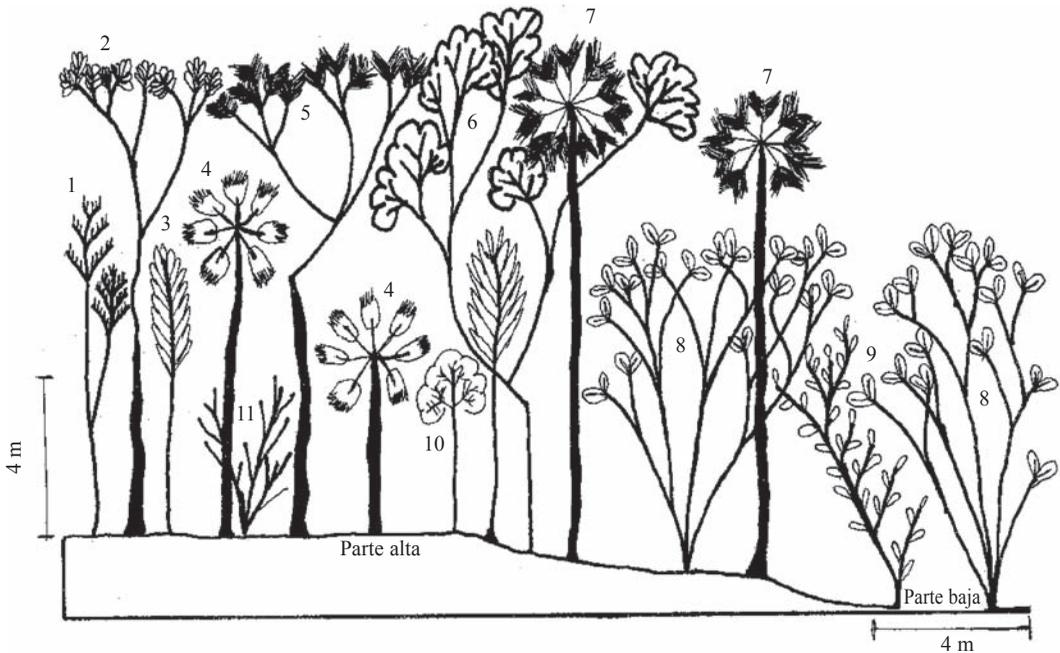


Fig. 5. Perfil de vegetación de *ak'alche'*-SMSP (Selva Mediana Subperennifolia) situado en el interior de la selva, en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, México. 1. *Gymnanthes lucida*, 2. *Plumeria obtusa*, 3. *Guettarda combsii*, 4. *Thrinax radiata*, 5. *Lysiloma latisiliquum*, 6. *Manilkara zapota*, 7. *Sabal yapa*, 8. *Zygia stevensonii*, 9. *Crescentia cujete*, 10. *Chrysophyllum mexicanum* y 11. *Gymnopodium floribundum*.

y presencia de la selva mediana subperennifolia que le rodea, que por acarreo de la lluvia permite que se acumule en la parte baja la MO, además del aporte de las especies presentes en el propio *ak'alche'*. Los suelos son ligeramente ácidos con colores oscuros debido al contenido de MO, a la alta CIC y de porcentaje de arcilla; condiciones favorables para la disponibilidad de nutrimentos y el desarrollo de las especies. En este tipo existe una dominancia de especies macrófilas con forma biológica arbustiva, tallos lisos o ligeramente fisurados y copas uniestratificadas (*A. wrightii*, *B. buceras*, *C. cozumelensis*, *C. spicata*, *C. cujete*, *C. reflexifolius*, *D. lateriflora*, *E. winzerlingii*, *E. mexicanum*, *G. sepium*, *G. lucida*, *H. trilobata*, *H. winzerlingii*, *M. zapota*, *P. sartorianum*, *Z. stevensonii*, *O. nitida*, *R. longiloba* y *S. yapa*) con una cobertura del 100%, como se muestra en la figura 5. El drenaje y la capacidad de retención de agua del suelo son considerados dentro de los factores clave que influyen en la

composición de especies de una comunidad, como lo manifiesta Sollins (1998) para selvas tropicales y Laurance *et al.* (1999) en selvas de terra-firme del Amazonas.

Este estudio nos permite concluir que existen diferentes tipos de *ak'alche'* que dependen de características particulares (bióticos y abióticos), tales como: lugar de formación del *ak'alche'*, periodo de inundación, tipo de comunidad que le rodea, suelos desarrollados bajo condiciones anaeróbicas, bajo número de plántulas y juveniles de las especies presentes. Esto último, determinado por factores edáficos tales como pH, CIC, porcentaje de MO, arcilla y limo.

Finalmente, los resultados sugieren que las condiciones microtopográficas y edáficas son ecológicamente significativas, ya que están altamente correlacionados con la distribución de las especies vegetales y con las características de la estructura de las comunidades, como en los informados por Oliveira-Filho

*et al.* (1998) para bosques secos deciduos del Brasil y por Johnstone (1992) para la selva del Tabonuco en Puerto Rico.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). Agradecemos a M. González-Espinosa, R. Villanueva-Gutiérrez por las sugerencias y asesoría aportadas al trabajo, a Odilón Sánchez-Sánchez en el apoyo de herbario y a los encargados de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an "Estación Santa Teresa". Además se agradece a Maarten Kappelle y un revisor anónimo por los comentarios sobre el manuscrito.

## RESUMEN

Se estableció la relación entre la distribución de las especies arbóreas de la selva mediana y baja y los factores edáficos y microtopográficos en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an. En 17 sitios de muestro de 625 m<sup>2</sup> cada uno, se registró la presencia y disposición espacial de los individuos que presentaron un DAP  $\geq$  a 5 cm y las variables edáficas de conductividad eléctrica (CE), capacidad de intercambio catiónico (CIC), clase textural, pH, materia orgánica (MO), nitrógeno total (Nt) y fósforo disponible (P). Para la clasificación de los sitios de muestro por similitud florística, se empleó el análisis de Twinspan y para la ordenación, los análisis de gradiente indirecto y directo (ACD y ACC, respectivamente). Se registró un total de 4 433 individuos en 84 especies. Aunque la microtopografía es moderada en el área de estudio, diferentes factores edáficos (CIC, arcilla y MO) variaron significativamente ( $P \leq 0.05$ ) entre las zonas altas y bajas. Una primera aproximación del ACD y ACC con el total de los datos establece que la distribución de las especies esta determinada por el gradiente microtopográfico y la clase textural. Al realizar una segunda aproximación del ACD y ACC, empleándose solo datos de la zona baja, se muestran dos grupos florísticamente diferentes, uno influenciado por pH ligeramente ácido, alta CIC, MO y arcilla, rodeado de una selva mediana; el otro grupo registra pH básico y alto porcentaje de limo, y se localiza cerca de una selva baja inundable. Las condiciones microtopográficas y edáficas son ecológicamente significativas, ya que están altamente correlacionados con la distribución de las especies

vegetales y con las características de la estructura de las comunidades tropicales.

**Palabras clave:** Suelo, microtopografía, análisis multivariado, análisis de gradientes, vegetación, bosque tropical.

## REFERENCIAS

- Anónimo. 1980. Desarrollo Urbano. Ecoplán del Estado de Quintana Roo, Gobierno del Estado de Quintana Roo. 238 p.
- Anónimo. 1983. Sian Ka'an: Estudios preliminares de una zona en Quintana Roo, propuesta como Reserva de la Biosfera. Centro de Investigaciones de Quintana Roo y SEDUE, Puerto Morelos. 215 p.
- Anónimo. 1996. Normas de uso y zonificación. Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an. Programas de Manejo. Áreas Naturales Protegidas. SEMARNAP, Anexo. 44 p.
- Archibold, O.W. 1995. Ecology of world vegetation. Chapman y Hall, Nueva York. 508 p.
- Barrera, M.A., A. Barrera & R.M. López. 1976. Nomenclatura Etnobotánica Maya. Colección Científica Instituto Nacional de Antropología e Historia. México. 536 p.
- Brunig, E.F. 1983. Vegetation structure and growth. In F.B. Golley (ed.). Tropical Rain Forest Ecosystems, Structure and Function. Elsevier, Nueva York. 230 p.
- Budowski, G. 1986. La clasificación de comunidades vegetales. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Turrialba, Costa Rica, p.1-18.
- Dachary, A.C. & S.M.A. Burne. 1989. Sian Ka'an, El hombre y su economía. CIQRO, Puerto Morelos, México. 139 p.
- De Las Salas, G. 1987. Suelos y ecosistemas forestales, con énfasis en América Tropical. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José. 447 p.
- Escoto, P.J.C. 1987. Estudio florístico sinecológico de una selva mediana subperennifolia en la parte central de Quintana Roo, San Felipe Bacalár. Tesis Profesional, Universidad de Guadalajara, Jalisco, México. 70 p.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen. UNAM, México. 118 p.
- Gentry, A.H. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. Ann. Missouri Bot. Garden 75: 5-35.

- Gillespie, T.W., A. Grijalva & C.N. Farris. 2000. Diversity, composition and structure of tropical dry forests in Central America. *Plant Ecol.* 147: 37-47.
- Gómez-Guñan, Y. 2004. Actividad de las fosfatasa ácidas y alcalinas (extracelulares e intracelulares) en hongos de la rizosfera de *Arachis hypogaea* (Papilionaceae). *Rev. Biol. Trop.* 52: 287-295.
- Gómez-Pompa, A., J. Vázquez & J. Sarukhán. 1964a. Estudios ecológicos en las zonas tropicales cálido húmedas de México. In Hernández-X, E., F. Miranda & R. Villaseñor (eds.). *Contribuciones al estudio ecológico de las zonas cálido-húmedas de México.* Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. 207 p.
- Gómez-Pompa, A., L. Hernández & M. Sousa. 1964b. Estudio fitoecológico de la cuenca intermedia del Río Papaloapan. In Hernández-X, E., F. Miranda & R. Villaseñor (eds.). *Contribuciones al estudio ecológico de las zonas cálido-húmedas de México.* Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. 207 p.
- Gómez-Pompa, A & León, C. J. M. 1982. Mapas de Vegetación en Zonas Cálidas y su Importancia. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, México. 80 p.
- Goslee, S.C., R.P. Brooks & C.A. Cole. 1997. Plants as indicators of wetland water source. *Plant Ecol.* 131: 199-206.
- Hill, M.O. 1979. TWINSPAN: A FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Cornell University, Ithaca, Nueva York. 90 p.
- Ibarra-Manríquez, G., J.L. Villaseñor & R. Durán. 1995. Riqueza de especies y endemismo del componente arbóreo de la Península de Yucatán, México. *Bol. Soc. Bot. Mex.* 57: 49-77.
- Johnstone, M.H. 1992. Soil-vegetation relationships in a Tabonuco forest community in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. *J. Trop. Ecol.* 5: 253-263.
- Kircher, J. 1997. *A Neotropical Companion.* Princeton University. 451 p.
- Laurance, W.F., P.M. Fearnside, S.G. Laurance, P. Delamonica, T.E. Lovejoy, J.M. Rankin-de Merona, J.Q. Chambers & C. Gascon. 1999. Relationships between soils and Amazon forest biomass: a landscape-scale study. *Forest Ecol. Manage.* 118: 127-138.
- López-Omat, A. 1983. Localización y medio físico. In Sian Ka'an. CIQRO-SEDUE. 215 p.
- López-Portillo, J., E. Ezcurra & J.M. Mass. 1989. Los petenes de Sian Ka'an, Quintana Roo y su relación con gradientes de presión hídrica. *Acta Bot. Mex.* 5: 19-29.
- McCune, B. & M.J. Mefford. 1997. PC-ORD: Multivariate analysis of ecological data. Version 3.2. MjM Software Design. Glenden Beach, Oregon, USA.
- Meave del Castillo, J. 1990. Estructura y composición de la selva alta perennifolia de los alrededores de Bonampak. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México D.F. 147 p.
- Miranda, F. 1958. Recursos naturales del sudeste y su aprovechamiento. Instituto Mexicano de Recursos Naturales No Renovables 2: 215-271.
- Miranda, F., Gómez-Pompa & E. Hernández-X. 1967. Un método para la investigación ecológica de regiones tropicales. *Inst. Biol. UNAM Ser. Bot.* 38: 101-110.
- Müller-Dombois, H. & D. Ellenberg. 1974. *Aims and Methods of Vegetation Ecology.* Wiley, Nueva York, 547 p.
- Navarro, D. 1992. Los problemas ambientales y sus retos para el fin de siglo, p. 31-52. In A.C. Dachary, D. Navarro & S.M. Arnaiz (eds.). *Quintana Roo: los retos del fin de siglo.* CIQRO, México.
- Oliveira-Filho, A., N. Curi, E.A. Vilela & D. Carvalho. 1998. Effects of Canopy gaps, Topography and Soils on the Distribution of Woody Species in a Central Brazilian Deciduous Dry Forest. *Biotropica* 56: 362-375.
- Olmsted, I., A. López-Omat & R. Durán. 1983. Vegetación de Sian Ka'an: reporte preliminar. In Sian Ka'an. CIQRO-SEDUE. 215 p.
- Olmsted, I. & R. Durán. 1986. Aspectos ecológicos de la selva baja inundable de la reserva de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. *Biótica:* 151-179.
- Olmsted, I. & R. Durán. 1990. Vegetación de Sian Ka'an, p. 1-12. In D.L. Navarro & J.G. Robinson (eds.). *Diversidad biológica en La Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México.* Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO).
- Pérez, J.L.A. & J. Sarukhán. 1982. La vegetación de la región de Pichucalco, Chiapas. In A. Gómez-Pompa & C.J.M. León (eds.). *Mapas de Vegetación en Zonas Cálidas y su Importancia.* Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, México. 80 p.
- Piñero, D. 1976. La distribución de las plantas en el espacio y su importancia en los estudios de ecología vegetal. *Biología* 6: 19-26.

- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México. 356 p.
- Salgado, G.S., D.J. Palma & J. Cisneros. 1999. *Manual de procedimientos para el muestreo de suelos, plantas y aguas, e interpretación en cultivos tropicales*. Colegio de Posgraduados Tabasco, México. 75 p.
- Sánchez, C.A. 1980. Simposio Quintana Roo: Problemática y Perspectivas, CIQRO, Cancún, Quintana Roo. 110 p.
- Sánchez, S.O. 1987. *Estructura y composición de la selva mediana subperennifolia presente en el Jardín Botánico del CIQRO, Puerto Morelos, Quintana Roo*. Tesis Profesional, Universidad Veracruzana Xalapa, Veracruz. 73 p.
- Sánchez-Sánchez, O & G. Islebe. 2002. Tropical forest communities in southeastern Mexico. *Plant Ecol.* 158: 183-200.
- Siebe, C., R. Jahn & K. Stahr. 1996. *Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en el campo*. UNAM. 55 p.
- Siegel, S. & N.J. Castellan Jr. 1988. *Non-parametric statistics for the behavioral sciences*. McGraw-Hill, Nueva York. 450 p.
- Sollins, P. 1998. Factors influencing species composition in tropical lowland rain forest: does soil matter. *Ecology* 79: 23-30.
- Stephenson, N.L. 1990. Climatic control of vegetation distribution: The role of the water balance. *Am. Nat.*, 135: 649-670.
- Tuomisto, H. & A. Dalberg. 1996. Influence of edaphic specialization on pteridophyte distribution in a neotropical rain forest. *J. Biogeo.* 23: 283-293.

APÉNDICE 1  
 Valor de Importancia de las especies registradas en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an

APPENDIX 1  
 Importance index for species found in the Sian Ka'an Biosphere Reserve

Especie / Sitio	Abre.	1	9	4	5	6	16	17	2*	13*	14*	3*	7*	10*	8*	11*	12*	15*
<i>Bauhinia unguolata</i>	BU			1.0	0.8													
<i>Brosimum alicastrum</i>	BA	4.2																
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	CG	9.7	1.1	8.3	4.6	0.8	0.9	4.8	2.6	4.8								
<i>Casimiroa tretameria</i>	CT									0.7								
<i>Cassia alata</i>	CA									0.6								
<i>Ceiba aesculifolia</i>	CAE			1.9														
<i>Cordia alliodora</i>	CALL			1.6	1.4													
<i>Cordia cylindrostachya</i>	CCY	7.5	6.4	0.7	0.7	0.7	1.3	2.1	0.4	0.4				0.7				
<i>Cornutia pyramidata</i>	CP			0.4														
<i>Cydista diversifolia</i>	CDI	0.9						1.1										
<i>Eugenia mayana</i>	EM							0.9										
** <i>Eugenia winzerlingii</i>	EW										2.0							
<i>Exothea diphylla</i>	DE				1.6		0.9											
<i>Ficus cotinifolia</i>	FC		2.3	5.3	0.6	3.1	3.1	8.5	0.6									
<i>Gliricidia sepium</i>	GS	2.6		2.5	39.0	3.3	1.3	2.7	3.1	1.2	6.3	0.9						
** <i>Hyperbaena winzerlingii</i>	H3S										1.4							
<i>Jatropha gaumeri</i>	JG			1.5		0.6	0.7	1.7										
<i>Krugiodendron ferreum</i>	KF			0.4	0.6	0.5				0.6								
<i>Neomillspaughia emarginata</i>	EN			2.0	0.4													
<i>Pithecellobium leucospermum</i>	PL							0.7										
<i>Sideroxylon capiri</i>	SC								1.1									
<i>Sideroxylon foetidissimum</i>	SF																	
<i>Swartzia cubensis</i>	SCU	2.9		0.4		0.8												
<i>Thouinia canescens</i>	TCA	1.2		4.9	12.0		0.8	1.1				1.1						
<i>Trichilia arborea</i>	TV	0.6																
<i>Zanthoxylum caribaeum</i>	ZC			6.0	1.5		0.4											
<i>Zuelania guidonia</i>	ZG	1.0						0.9										
<i>Apollanisia paniculata</i>	AP		1.1		3.2	6.5	0.6		2.8	2.5	1.1		0.7					0.9
<i>Sideroxylon obtusifolium</i>	BM	5.5		3.3		1.8	3.0	2.2	3.8	7.9	5.7			0.7				2.8
<i>Bursera simaruba</i>	BSI	2.1	2.2	12.5	3.1	0.8	6.7	1.4	3.1	4.0	5.9		5.2					0.6
<i>Cordia dodecandra</i>	DC			0.4			1.1			0.6	0.5							1.0
<i>Diphysa carthagensis</i>	DCA			1.0	0.5	1.4	0.8			0.5	0.8					0.6		0.5

APÉNDICE 1 (Continuación)  
 Valor de Importancia de las especies registradas en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an

APPENDIX 1 (Continued)  
 Importance index for species found in the Sian Ka'an Biosphere Reserve

Especie / Sitio	Abre.	1	9	4	5	6	16	17	2*	13*	14*	3*	7*	10*	8*	11*	12*	15*	
<i>Gymnanthes lucida</i>	GL	0.9	6.1	4.5	30.3	17.4	49.8		8.5	28.1	19.4	4.6		3.6					0.6
<i>Hippocratea celastroides</i>	HCE		0.6	4.4	9.8	3.3	14.5		5.8	3.2	2.7					0.6	5.6		0.5
<i>Mosannonia depressa</i>	MD	3.4	2.4	4.2	0.7	2.1				6.1	1.7	0.7	0.7						
<i>Sideroxylum meyeri</i>	MA	16.9	19.1			0.4								0.7					
<i>Plumeria obtusa</i>	PO				3.9				1.0	4.9	0.7				0.7				1.0
<i>Talisia olivaeformis</i>	TO	1.7	0.6		0.4					0.5									0.5
<i>Thevetia gaumeri</i>	TG	1.0		0.9	0.5		0.7	1.1	1.1	0.4	2.1		1.1						
<i>Thrinax radiata</i>	TR	53.7	34.0		2.7	1.5	8.5	1.4	1.7	15.9	17.1	4.7		8.0			0.7		
<i>Coccoloba cozumelensis</i>	CC	14.0		5.6	16.0	3.3	3.1	2.2	0.7	1.0	1.2		0.7	5.5			1.5		1.7
<i>Hampea trilobata</i>	HT			0.4	2.5		1.4	11.2			0.5		0.7	1.7					0.5
<i>Piscidia piscipula</i>	PP			1.1					3.4					2.2					
<i>Psychotria pubescens</i>	PPU				1.2	4.2	3.1			7.5	1.5		1.0	0.8					1.0
<i>Randia longiloba</i>	RL		2.4						0.7		0.5	2.0							
<i>Bursera schlechtendalii</i>	BS					0.4				0.4			1.8						
<i>Coccoloba spicata</i>	CS	0.6	6.4	2.9	4.3	0.6	7.3	4.5	16.1	5.2	4.7	5.9	0.7	4.3	4.2	5.9	4.4	4.5	
** <i>Crescentia cujete</i>	CCU								10.9	2.9	3.4	1.0				1.7	2.8	2.2	
<i>Diospyros cuneata</i>	DC	2.8	3.5	16.4	3.7	18.2	15.8	0.7	2.5	5.7	9.1	6.9	2.9		1.8	0.6	14.8	5.9	
<i>Drypetes lateriflora</i>	DL	0.6	4.7		4.1	1.1	1.3			1.0	0.8		1.5	2.8					0.7
<i>Exostema mexicanum</i>	EME		7.3	1.1	7.5	6.8			4.3	1.5				14.0					2.2
<i>Psidium sartorianum</i>	PSA	4.1	6.5	8.9	3.2	9.2	4.3	8.7	27.1	7.4	8.4	8.4	2.6	11.1	8.1	2.9	2.7	20.0	
<i>Vitex gaumeri</i>	VG	7.6	2.4	10.0	7.7	6.5	8.9		12.6	5.7	2.4	7.2	1.5	3.2	1.6				6.5
<i>Xylosma flexuosum</i>	XF				0.4			0.7					1.6						
<i>Byrsonima bucidifolia</i>	BBU	0.6	3.9	5.8		1.6	1.9	3.1		1.6			4.8		11.4	9.4	0.6	4.1	
<i>Cameraria latifolia</i>	CL			0.7	0.9	15.0	1.1		3.9	1.5	7.1	0.7	0.7	1.0		16.4	24.9	0.5	
<i>Croton reflexifolius</i>	CR			10.0	9.5	0.5	1.5	14.3	9.4	3.5	4.1	5.2	10.6	6.6	6.0	7.4	4.2	4.5	
<i>Guettarda gaumeri</i>	GG	1.7	1.7	7.3	4.8	7.3	0.4	1.5	1.6	3.4	4.3	1.0	3.0	3.7	1.3	2.7	8.0	6.8	
<i>Gymnopodium floribundum</i>	GF			9.8	3.7	37.1			17.9	1.4	21.4				2.1	15.1	13.9	29.0	
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	LL			7.2	1.6	3.1	1.4	76.6	1.1	7.0				22.6					4.3
<i>Malpighia lundellii</i>	ML								8.5	1.5	2.0	3.6	0.9	0.7	11.2	2.4			20.6
<i>Mimosa bahamensis</i>	MBA								0.9						3.8				
<i>Ximenea americana</i>	XA	0.5		8.7	1.5	6.9		0.7	1.8	4.4	3.1	4.7	0.7	1.4	1.9	1.1	6.7	5.1	
<i>Acacia cornigera</i>	AC	2.4		2.1	0.4	0.6	0.7	2.1			4.0		0.8						0.8

APÉNDICE 1 (Continuación)  
 Valor de Importancia de las especies registradas en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an

APPENDIX 1 (Continued)  
 Importance index for species found in the Sian Ka'an Biosphere Reserve

Especie / Sitio	Abre.	1	9	4	5	6	16	17	2*	13*	14*	3*	7*	10*	8*	11*	12*	15*
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	CM	0.7	0.6									1.5						0.6
<i>Guettarda combsii</i>	GC	3.3	0.7									0.9	0.9					
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	LR	3.4				0.6			9.8	1.0				8.0			2.2	5.4
<i>Manilkara zapota</i>	MZ	27.9	45.4	2.0	7.0	2.8	14.6	2.4	9.7	10.1	10.5	25.3	3.2	13.6	1.2	31.3	8.1	6.3
<i>Metopium brownei</i>	MB	17.0	31.4	25.1		25.4	27.2	41.4	3.4	30.6	22.8	8.3	22.7	8.9	11.3	21.8	47.0	18.3
<i>Pouteria campechiana</i>	PC	0.7												1.1				
<i>Bucida buceras</i>	BB									6.2				1.3	25.3		1.5	
<i>Caesalpinia violacea</i>	CV		1.5										4.2			0.5		
<i>Jacquinia aurantiaca</i>	JA				1.7	0.3	0.3			3.0	0.7			4.7	1.8	2.2		2.2
<i>Zygia stevensonii</i>	PS	0.7	3.7	5.5	4.8	1.9	10.2	3.4	1.5	1.8	4.4	71.7	85.7	44.1	22.9	0.5	7.1	5.0
** <i>Sabal yapa</i>	SY								5.0	4.3	4.4	11.3	4.7	10.9				
** <i>Acoelorrhaphe wrightii</i>	AW											9.5	20.7	0.8				
** <i>Bucida spinosa</i>	BSP															3.7	1.7	
<i>Sideroxylon salicifolium</i>	DS								2.8					0.7	14.9		4.5	
<i>Erythrina standleyana</i>	ES												3.1					
<i>Erythroxylum confusum</i>	EC									7.2								
** <i>Haematoxylum campechianum</i>	HC												6.1	9.6	63.2	62.9	14.1	20.4
** <i>Ouratea nitida</i>	ON							3.5				8.9	2.1			10.4	10.1	20.5
<i>Pithecellobium albicans</i>	PA														4.6			
<i>Tabebuia chrysantha</i>	TC														0.7			

\*sitios de muestreo con presencia de 'ak'alche'  
 \*\* especies exclusivas de bajos.

