

## ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN EN MONTÍCULOS DE LA BAHÍA DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Luzali Angélica Velderrain-Algara<sup>1</sup>, José Luis León-de la Luz<sup>2</sup>  
y Yolanda Maya-Delgado<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Maestría del CIBNOR, actualmente en CONAFOR Sonora y <sup>2</sup>Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. CIBNOR. Mar Bermejo No. 195 Col. Playa Palo de Santa Rita. La Paz, Baja California Sur, México, CP 23090.

---

## RESUMEN

El matorral sarcocaula es la vegetación dominante en la península de Baja California. La microtopografía de las planicies aluviales en zonas aledañas a la bahía de La Paz está caracterizada por la presencia de parches de montículos de suelo en los cuales se agregan las especies dominantes del matorral, destacando *Jatropha cuneata*, *J. cinerea*, *Stenocereus gummosus*, *Bursera microphylla*, *Fouquieria diguetii*, *Caesalpinia placida* y *Larrea divaricata*. Con el propósito de conocer la relación en el agrupamiento de las especies vegetales dominantes en los montículos, se realizaron pruebas de independencia ( $\chi^2$  ji cuadrada) por pares de especies; los resultados mostraron escasas interacciones positivas consistentes, sugiriendo más bien un agrupamiento aleatorio entre las especies del muestreo. Los análisis de suelo entre los montículos y las áreas expuestas adyacentes sólo mostraron diferencias en los niveles de salinidad y en el contenido de materia orgánica que implican mejores condiciones para las plantas en los montículos. Las condiciones microambientales que prevalecen en los montículos permiten identificarlos como islas de recursos, los cuales juegan un papel determinante en

la estructura y dinámica de la vegetación desértica como la aquí referida.

**Palabras clave:** Baja California, parches de vegetación, zonas áridas, matorral.

## ABSTRACT

Sarcocaula scrub is the dominant vegetation of the Baja California Peninsula. The microtopography of the alluvial plains in the lower sector of Bahia de La Paz area is characterized by patches of soil mounds that accommodate characteristic plant species, the most dominant of which are shrubby, such as *Jatropha cuneata*, *J. cinerea*, *Stenocereus gummosus*, *Bursera microphylla*, *Fouquieria diguetii*, *Caesalpinia placida*, and *Larrea divaricata*. We performed tests of independence ( $\chi^2$  chi-square) between pairs of species to analyze relationships in the grouping of the dominant plant species on the soil mounds. Results show scarce positive interactions that behave consistently between the species, suggesting random clustering of the sampled species. Soil analysis of the mounds and the neighboring bare zones shows differences in salinity and organic matter content, which implies better nutrient conditions on the mounds.

The micro-environmental conditions of the mounds identify them as resource islands that participate actively in the structure and dynamics of vegetation desert communities as here referred.

**Key words:** Baja California, vegetation patches, arid zones, scrubland, sarcocaullescent scrub.

### INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la carta de vegetación oficial Mexicana (anónimo, 1981), el matorral sarcocaulle es el tipo de vegetación dominante en gran parte de la península de Baja California. Este tipo de vegetación es una variante del matorral xerófilo, característico de las zonas áridas de México (Rzedowski, 1978). Esta vegetación se caracteriza por la dominancia de formas arbóreas y arbustivas, armadas y no armadas, principalmente de la familia de las leguminosas, y particularmente por la abundancia de formas suculentas (agaváceas, cactáceas) y semisuculentas (burséráceas, euforbiáceas) con ramaje tortuoso y a veces corteza exfoliante (León de la Luz *et al.*, 2000).

Pocos esfuerzos se han realizado para conocer la dinámica de este tipo de vegetación. Algunos de los estudios realizados se han centrado en documentar aspectos tales como la composición de sus especies anuales (Cruz, 1992), ecología de trepadoras (Molina y Tinoco, 1997; Castellanos *et al.*, 1999), fenología de la comunidad (León de la Luz *et al.*, 1996; Maya y Arriaga, 1996), caracterización florística y estructural de la comunidad (León de la Luz *et al.*, 2000) y en determinar algunos rasgos funcionales de ciertas especies (Perea *et al.*, 2005).

La geomorfología de la península de Baja California está dominada por un eje de serranías que discurren en sentido nortesur. A partir de sus estribaciones el patrón erosivo ha desarrollado planicies aluviales con distinto grado de pendiente (Hammond, 1954). En algunos casos particulares, como en el valle El Carrizal-La Paz, en Baja California Sur, México (extensa planicie aluvial de unos 2 500 km<sup>2</sup> que gradualmente desciende hacia el mar en la bahía de La Paz) es notable la presencia de montículos de suelo en la cual se desarrolla la vegetación del matorral sarcocaulle.

Actualmente se reconoce que en las zonas áridas la facilitación es un proceso de interacción que permite el establecimiento de nuevas generaciones de plantas (Whitfield, 2007). Uno de los aspectos más notables es la disposición de sombra, que a su vez permite mejores concentraciones de humedad edáfica en las inmediaciones y limita el exceso de radiación solar (Valiente y Ezcurra, 1991) y permite también mayor disponibilidad de materia orgánica y nutrientes en el suelo (Callaway, 1995; 1997; Camargo y Dhillon, 2003).

García y McKell (1970) introdujeron el término “islas de fertilidad” para describir sitios localizados donde existe un gradiente de nutrientes necesarios para las plantas, particularmente nitrógeno. Este término ha sido empleado para describir sitios factibles para el establecimiento, desarrollo y permanencia de individuos vegetales en las zonas áridas (Pugnaire *et al.*, 1996; Carrillo *et al.*, 2000; Camargo *et al.*, 2002; Bertiller *et al.*, 2004; Monroy *et al.*, 2007).

La formación de parches de vegetación en zonas áridas ha sido estudiada en varias

partes del mundo. En ciertas áreas de la Patagonia la formación de dichos parches se relaciona con la acumulación de suelo en montículos, sitios denominados “islas de recursos” (Rostagno *et al.*, 1991), mientras que en otros sitios se reconoce al parche, a la isla de recursos o la isla de fertilidad, pero no se hace referencia a los montículos de suelo. En el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, México, Camargo *et al.* (2002) y Camargo y Dhillion (2003) mencionan que ciertas especies de leguminosas modifican localmente de manera significativa el suelo, específicamente al permitir el desarrollo de micorrizas y mejorando las condiciones de disponibilidad de nutrientes para los vegetales en general. En la zona árida de Hidalgo, México, Monroy *et al.* (2007) señalan la importancia de las micorrizas en las islas de recursos para el desarrollo, nutrición y economía del agua de los vegetales que allí se establecen.

De acuerdo con el enunciado “las plantas tienen la capacidad para modificar el suelo inmediato donde crecen” los autores de esta investigación consideran que en los montículos cierto grupo de plantas podrían actuar como agentes que facilitarían el desarrollo de subsecuentes generaciones de vegetales, ya sea a través de mejorar las condiciones de ese sitio, o bien a través de algún mecanismo de interacción positiva entre especies donde al menos una de ellas es beneficiada. Por medio de estos procesos se estructura progresivamente la vegetación del sitio, e incluso puede dirigirse el reemplazo o la sucesión de especies (Connell y Slatyer, 1977; Burrows, 1990; Callaway, 1995).

Bajo tal perspectiva, en este trabajo se aborda la relación suelo-vegetación. El objetivo central de esta investigación es indagar la

manera en que los montículos de suelo contribuyen como islas de fertilidad o de recursos, en los cuales se establece, concentra y se estructura la vegetación regional. La aproximación epistemológica consiste en, una vez determinada la estructura de la vegetación en los montículos, probar si existe la aleatoriedad en la asociación de especies perennes sobre éstos, y posteriormente comparar el análisis del contenido de algunos nutrientes esenciales en los montículos y en el espacio entre ellos donde no crece vegetación. La primera meta es mostrar la composición de las especies perennes (leñosas y herbáceas) que se desarrollan sobre los montículos jerarquizándolas con base en su dominancia cuantitativa; posteriormente, se trata de encontrar la existencia de interacciones entre pares de especies, hipotetizando la probable existencia de relaciones obligadas, o alternativamente si éstas se agrupan azarosamente. Finalmente, se documenta si los montículos de suelo de la zona de estudio poseen mayores contenidos de nutrientes en relación con las áreas sin cobertura vegetal adyacentes, donde sólo pocas especies pueden desarrollarse.

## MATERIAL Y MÉTODOS

**Área de estudio.** El predio El Comitán cubre una superficie de 200 ha de vegetación silvestre propiedad del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) que desde hace 25 años se ha destinado a la investigación biológica, por lo que su perímetro se encuentra cercado y aislada de la perturbación antropogénica. El predio se ubica al noroeste de la ciudad de La Paz, Baja California Sur; delimita con el fondo de la bahía de La Paz, de tal manera que recibe influencia ambiental marina. En algún periodo reciente, debido

al activo tectonismo de la península, esta área estuvo bajo el nivel del mar y en la actualidad se considera una superficie de activo depósito aluvial (Hammond, 1954). Los límites del predio son las coordenadas 24°07'97"N/110°26'53"W al noroeste y 24°07'21"N/110°25'35"W al sureste (Fig. 1).

El sitio se inserta dentro de la superficie que la carta oficial de vegetación de México (anónimo, 1981) denomina como matorral sarcocaula, dominante en la mayor parte del desierto sonorense en el NW de México, el cual comparte atributos fisonómicos y de composición florística con la vegetación propiamente desértica pero también con el genérico bosque tropical seco (Rzedowski, 1979; León de la Luz *et al.*, 1996). Uno de los rasgos de este sitio es la presencia de montículos de suelo relativamente pequeños sobre los cuales se agrega la vegetación de esta zona, que corresponde al sector de menor elevación del valle aluvial del Carrizal-La Paz, el cual cubre una superficie de unos 947 km<sup>2</sup>, perteneciente a su vez a una cuenca geohidrológica con arroyos de descarga hasta de nivel 3, uno de los cuales se ubica precisamente en el predio (Hammond, 1954; Flores, 1998). La mayor elevación sobre el nivel del mar del predio corresponde a 20 m, la pendiente general del terreno comprende de 1.2% a 1.4%. El suelo del sitio es de tipo aluvial, arenoso, profundo, con porcentaje de materia orgánica muy bajo y con horizontes pobremente diferenciados (Alcaraz y Ayala, 1985).

#### **Muestreos de vegetación y de suelo.**

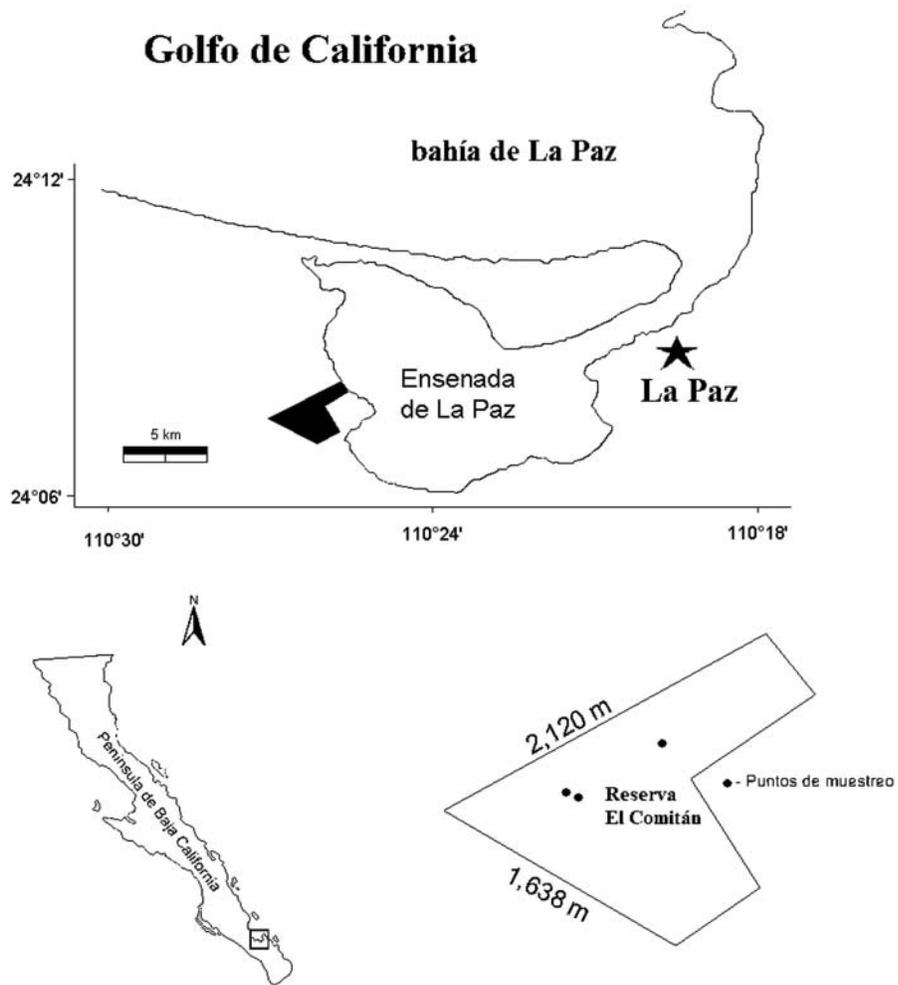
Para determinar la composición de la vegetación de los montículos dentro de El Comitán se delimitaron tres parcelas de muestreo de 1 000 m<sup>2</sup> c/u (10 x 100 m),

las cuales serán referidas en el resto de este trabajo como los sitios 1, 2 y 3. La determinación del área mínima para este tipo de vegetación se estima a una superficie entre 800 y 1 000 m<sup>2</sup> (León de la Luz *et al.*, 1996). Se ubicaron los montículos dentro de cada una de esas parcelas y se determinó el largo, ancho y alto de cada uno. En cada montículo se registró la identidad taxonómica de cada una de las plantas perennes vivas allí presentes, así como sus respectivos atributos de altura y cobertura del suelo a través de dos mediciones de la proyección vertical de su copa bajo la consideración que ésta conforma una elipse.

Dentro de los tres sitios se localizaron 11 puntos al azar en los cuales se tomaron dos muestras de suelo, uno en el montículo y el otro en un punto anexo sin cobertura vegetal. Para cada caso se tomó 1 kg de suelo superficial (0-20 cm de profundidad).

**Estructura de la vegetación.** Las especies se identificaron *in situ*, y eventualmente algunos individuos se colectaron para su identificación en el herbario HCIB del CIB-NOR; la nomenclatura sigue básicamente a Shreve y Wiggins (1964) y Wiggins (1980). Los registros de campo se capturaron en una hoja de cálculo Excel.

Se consideraron las formas de vida o de crecimiento para todas las especies registradas y fueron determinadas con base en la clasificación empleada para el desierto sonorense por Shreve y Wiggins (1964), que para el caso del muestreo corresponden a: arbóreas (Ar), arbustivas (Ab), herbáceas perennes (Hp), trepadoras herbáceas (Th), trepadoras leñosas (Tl), suculentas (Sc) y suculentas arrosetadas (Sr).



**Fig. 1.** Localización del área de estudio Reserva Ecológica El Comitán, al término de la planicie aluvial colindante con la Ensenada de La Paz, Baja California Sur, México.

Para conocer la estructura de la vegetación en los montículos se determinó la dominancia de las especies con base en el índice de valor de importancia o IVI (Brower *et al.*, 1998), que para este caso particular se obtuvo como una función de la densidad de individuos, su altura promedio y la cobertura de la copa o ramaje. El IVI se obtiene a través de la suma del valor relativo del promedio de cada atributo en cada parcela; así entonces, el valor correspondiente para cada especie registrada en cada sitio es prorrateado hasta sumar tres unidades.

Se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para determinar la normalidad de los datos de las variables área y altura de los montículos así como riqueza de especies, densidad de individuos y número de formas de vida de las especies sobre los mismos en cada uno de los tres sitios (Zar, 1999), pero ninguna de las variables analizadas tuvo tal distribución. Ante tal circunstancia se

optó por la aplicación de una correlación no-paramétrica, específicamente la lineal de rango de Spearman. De este modo, entre las variables altura y área del montículo, riqueza y abundancia de especies, y número de formas de vida se producen 10 pares de combinaciones posibles que se analizan y comparan entre sí.

#### Interacciones de las especies vegetales.

Para determinar la existencia de relaciones ecológicas entre las especies vegetales se hicieron pruebas de independencia a partir de tablas de contingencia 2 x 2 con base en la presencia-ausencia de las especies en cada uno de los montículos. Se calculó un coeficiente probabilístico para datos de presencia-ausencia, es decir la  $\chi^2$  (ji cuadrada), introduciendo el factor de corrección de Yates para tamaños de muestra pequeños, tal y como se sugiere para los datos binarios de acuerdo al modelo siguiente (Legendre y Legendre, 1998):

$$\chi^2 = \{n [ |ad - bc| - (n/2) ]^2\} / [(a+b)(c+d)(a+c)(b+d)] \quad 1)$$

Donde  $\chi^2$  es el estadístico ji cuadrada;  $a$  es el número de montículos en los que las especies  $s_1$  y  $s_2$  están presentes;  $b$  el número de montículos en los que  $s_1$  está presente y  $s_2$  ausente;  $c$  el número de montículos en los que  $s_1$  está ausente y  $s_2$  presente;  $d$  el número de montículos en los que ambas especies están ausentes;  $n$  es el número total de montículos. Los grados de libertad para esta prueba se calculan a partir de la tabla de contingencia 2 x 2, (filas-1)\*(columnas-1) = 1. Se consideró un nivel de confianza del 95% (Legendre y Legendre, 1998). Se descartaron aquellos pares de especies

en los que uno de sus componentes tuvo frecuencia igual a uno, para evitar que la prueba los identificara como dependencia absoluta.

Para conocer si la relación entre especies era positiva o negativa, en aquellos pares de especies cuya independencia no resultó ser estadísticamente significativa se calculó el coeficiente de Parson (Legendre y Legendre, 1998), aunque su uso en datos binarios es denominado coeficiente  $\Phi$  (phi) (Rodríguez-Salazar *et al.*, 2001). Se utiliza la siguiente función:

$$\Phi = (ad - bc) / \sqrt{(a+b)(c+d)(a+c)(b+d)} \quad 2)$$

donde  $\Phi$  es el coeficiente phi de Parson;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  y  $d$  representan lo mismo que en la ecuación 1. Este coeficiente denota la intensidad de la asociación (Rodríguez-Salazar *et al.*, 2001), proporcionando como resultado un valor desde -1 (asociación perfecta negativa) a +1 (asociación perfecta positiva).

Características edafológicas de los montículos. Las muestras de suelo se extrajeron durante la temporada de sequía de 2006 (julio), se procesaron en el Laboratorio de Edafología y en el de Análisis Químico Proximal del CIBNOR. Las muestras se secaron a temperatura ambiente y se tamizaron para la obtención de tierra fina (con diámetro < 2 mm).

Para cada muestra se determinó el pH y conductividad eléctrica usando el potenciómetro y el puente de conductividad, respectivamente (Jackson, 1982); el contenido de materia orgánica (Walkley-Black, 1934), el fósforo soluble (Jackson, 1982), los bicarbonatos (Reitemeier, 1946), la textura (densímetro de Bouyoucos) y el nitrógeno total por Micro-Kjeldhal (AOAC, 2005). Se aplicó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov a los datos de cada una de las variables. Para determinar si existían diferencias significativas en el contenido de los nutrientes entre los dos tipos de suelo (en montículo-suelo descubierto) para cada una de las variables que resultaron con normalidad se aplicó la prueba  $t$  de student para muestras independientes y varianza heterocedástica (Zar, 1999). Para las variables que no resultaron normales se aplicó la prueba no-paramétrica de Mann-Whitney (Zar, 1999).

## RESULTADOS

**Estructura de la vegetación.** En la totalidad de la superficie muestreada (0.3 ha) de los tres sitios se identificaron 34 especies de plantas vasculares perennes, la mayor parte leñosas, mismas que se integran en 30 géneros distintos y en 18 familias (Cuadro 1). Las familias mejor representadas fueron las cactáceas con nueve especies, seguidas de las euforbiáceas con cuatro especies, las burseráceas y las fabáceas con tres especies cada una. En la vegetación del predio las formas arbustivas (Ab) fueron las más comunes, constituyendo el 44% de las especies registradas y el 52% de los individuos. Las formas suculentas (Sa y Sc), en su mayoría cactáceas columnares, resultaron subordinadas en importancia, posteriormente se encuentran las formas arbóreas (Ar) y por último las herbáceas perennes (Hp).

El cuadro 2 muestra la jerarquización de las especies con base en su índice de valor de importancia (IVI) por sitio y considerando los tres sitios de muestreos como uno solo (total). Se observa que algunas especies revelan altos valores sólo en uno de los sitios de muestreo, pero en otros no resultaron relevantes o incluso ni siquiera fueron registrados. Para el sitio 1 la especie con mayor importancia de acuerdo al IVI fue la pitaya agria, *Stenocereus gummosus* (Engelm.) Gib. *et* Horak (Stgu), mientras que *Caesalpinia placida* Brandegeee (Capl) lo fue en los sitios 2 y 3. La especie que resultó con homogéneo nivel de importancia para los tres sitios es la matacora *Jatropha cuneata* Wigg. *et* Rollins (Jacu). Estos datos concuerdan con la diagnosis de este tipo de vegetación en la escala regional del sur de la península (León de la Luz *et al.*, 2000), en donde se ubican como dominan-

**Cuadro 1.** Listado de las 34 especies registradas en la zona de montículos en la planicie aluvial de El Comitán, Baja California Sur. Las formas de vida anotadas corresponden a plantas perennes. Se anotan las abreviaciones usadas para referirse a las especies en los cuadros y figuras de este trabajo.

Familia	Nombre científico	Abreviatura	Nombre común	FV
1 Agavaceae	<i>Agave datylio</i> var. <i>datylio</i> Simon	Agda	Mezalillo	Sr
2 Anacardiaceae	<i>Cyrtocarpa edulis</i> (Brandege) Standl.	Cyed	Ciruelo	Ar
3 Asteraceae	<i>Encelia farinosa</i> A. Gray	Enfa	Inciense	Ab
4 Bursaceae	<i>Bursera epimata</i> (Rose) Engler	Buep	Copal rojo	Ar
5 Bursaceae	<i>Bursera hindsiiana</i> (Benth.) Engler	Buhi	Copal blanco	Ar
6 Bursaceae	<i>Bursera microphylla</i> A. Gray	Bumi	Torote rojo	Ar
7 Cactaceae	<i>Cochemia posegueri</i> (Hildm.) Britt. et Rose	Copo	Viejito	Sc
8 Cactaceae	<i>Cylindropuntia alcahes</i> (Weber) F.M. Knuth	Cyal	Tasajillo	Sc
9 Cactaceae	<i>Cylindropuntia cholla</i> (Weber) F.M. Knuth	Cych	Cholla	Sc
10 Cactaceae	<i>Ferocactus peninsulæ</i> (Weber) Britt. et Rose	Fepe	Biznaga	Sc
11 Cactaceae	<i>Lophocereus schottii</i> (Engelm.) Britt. et Rose subsp. <i>schottii</i>	Losh	Garambullo	Sc
12 Cactaceae	<i>Mammillaria dioica</i> K. Brandege	Madi	Viejito	Sc
13 Cactaceae	<i>Pachocereus pringlei</i> (S. Wats.) Britt. et Rose	Papr	Cardón	Sc
14 Cactaceae	<i>Stenocereus gummosus</i> (Engelm.) A. Gibson et Horak	Sigu	Pitaya agria	Sc
15 Cactaceae	<i>Stenocereus thurberi</i> (Engelm.) A. Gibson et Horak	Sthh	Pitaya dulce	Sc
16 Capparaceae	<i>Capparis atamisquea</i> Kuntze	Caat	Juaiven	Ab
17 Celastraceae	<i>Maytenus phyllanthoides</i> Benth	Maph	Mangle dulce	Ab
18 Cucurbitaceae	<i>Ibervillea sonorae</i> (S. Wats.) Greene	Ibso	Melón de coyote	Th
19 Euphorbiaceae	<i>Euphorbia californica</i> Benth.	Euca	Liga	Ab
20 Euphorbiaceae	<i>Jatropha cinerea</i> (C. G. Ortega) Muell.-Arg. in DC	Jaci	Lomboy blanco	Ab
21 Euphorbiaceae	<i>Jatropha cuneata</i> Wigg. et Rollins	Jacu	Matacora	Ab
22 Euphorbiaceae	<i>Pedilanthus macrocarpus</i> Benth.	Pema	Candelilla	Ab
23 Fabaceae	<i>Caesalpinia placida</i> Brandege	Capl	Barbas de gallos	Ab
24 Fabaceae	<i>Marina parryi</i> (A. Gray) Barnaby	Mapa		Hp

**Cuadro 1.** Continuación.

Familia	Nombre científico	Abreviatura	Nombre común	FV
25 Fabaceae	<i>Prosopis articulata</i> S. Wats	Prar	Mezquite	Ar
26 Fouquieriaceae	<i>Fouquieria diguetii</i> (Van Tieghem) I.M. Jhtn.	Fodi	Palo Adán	Ab
27 Krameriaceae	<i>Krameria paucifolia</i> Rose	Krpa	Mezquitillo	Hp
28 Poaceae	<i>Pennisetum ciliaris</i> (L.) Link	Peci	Zacate Buffel	Hp
29 Rhamnaceae	<i>Condalia globosa</i> I.M. Jhtn.	Cogl	Palo Negrito	Ab
30 Solanaceae	<i>Lycium brevipes</i> Benth.	Lybr	Frutilla	Ab
31 Solanaceae	<i>Solanum hindistanum</i> Benth	Sohi	Mariola	Ab
32 Sterculiaceae	<i>Melochia tomentosa</i> L.	Meto	Malva Rosa	Ab
33 Vitaceae	<i>Cissus trifoliata</i> (L.) L.	Citr	Tripa de aura	TI
34 Zygophyllaceae	<i>Larrea divaricata</i> Cavailles	Ladi	Gobernadora	Ab

**Cuadro 2.** Valores del Índice de Valor de Importancia (IVI) por transecto individualizado (parcelas de 1 000 m<sup>2</sup>) y en total para la comunidad de montículos del matorral sarcocaulé del predio El Comitán, Baja California Sur, México

	Especie	Parcela			Total
		1	2	3	
Capl	<i>Caesalpinia placida</i> Brandegee		0.80	0.392	1.31
Cych	<i>Cylindropuntia cholla</i> (Weber) F.M. Knuth	0.18	0.01	0.329	0.01
Jacu	<i>Jatropha cuneata</i> Wigg. et Rollins	0.26	0.21	0.263	0.22
Stgu	<i>Stenocereus gummosus</i> (Engelm.) A. Gibson et Horak	0.38	0.58	0.206	
Bumi	<i>Bursera microphylla</i> A. Gray	0.09	0.20	0.198	
Ladi	<i>Larrea divaricata</i> Cavanilles		0.32	0.187	0.20
Papr	<i>Pachycereus pringlei</i> (S. Wats.) Britt. et Rose		0.27	0.173	0.15
Fodi	<i>Fouquieria diguetii</i> (Van Tieghem) I.M. Jhtn.	0.27	0.22	0.164	0.30
Ibso	<i>Ibervillea sonora</i> (S. Wats.) Greene	0.10	0.02	0.149	0.10
Krpa	<i>Krameria paucifolia</i> Rose	0.17		0.148	
Prar	<i>Prosopis articulata</i> S. Wats	0.16		0.129	
Caat	<i>Capparis atamisquea</i> Kuntze	0.23		0.119	
Buep	<i>Bursera epinnata</i> (Rose) Engler			0.101	0.15
Cyed	<i>Cyrtocarpa edulis</i> (Brandegee) Standl.	0.10	0.05	0.084	
Jaci	<i>Jatropha cinerea</i> (C.G. Ortega) Muell.-Arg. in DC	0.35	0.03	0.075	
Pema	<i>Pedilanthus macrocarpus</i> Benth.		0.02	0.053	0.18
Stth	<i>Stenocereus thurberi</i> (Engelm.) A. Gibson et Horak		0.01	0.051	0.09
Fepe	<i>Ferocactus peninsulæ</i> (Weber) Britt. et Rose			0.032	0.11
Agda	<i>Agave datylio</i> Simon ex Weber var. <i>datylio</i>	0.04	0.02	0.025	0.06
Maph	<i>Maytenus phyllantoides</i> Benth	0.25		0.02	
Losc	<i>Lophocereus schottii</i> (Engelm.) Britt. et Rose	0.13	0.03	0.019	
Cogl	<i>Condalia globosa</i> I.M. Jhtn.		0.05	0.015	0.05
Cyal	<i>Cylindropuntia alcahes</i> (Weber) F.M. Knuth		0.02	0.011	
Euca	<i>Euphorbia californica</i> Benth.			0.009	0.03
Peci	<i>Pennisetum ciliaris</i> (L.) Link	0.07		0.008	
Lybr	<i>Lycium brevipes</i> Benth.	0.07	0.05	0.006	
Copo	<i>Cochemia poselgueri</i> (Hildm.) Britt. et Rose		0.01	0.006	
Sohi	<i>Solanum hindsianum</i> Benth.	0.09	0.01	0.005	
Madi	<i>Mammillaria dioica</i> K. Brandegee	0.06	0.01	0.005	
Buhi	<i>Bursera hindsiana</i> (Benth.) Engler		0.02	0.005	
Citr	<i>Cissus trifoliata</i> (L.) L.			0.005	0.04
Meto	<i>Melochia tomentosa</i> L.		0.02	0.004	
Enfa	<i>Encelia farinosa</i> A. Gray		0.01	0.002	
Mapa	<i>Marina parryi</i> (A. Gray) Barnaby		0.01	0.002	
Total IVI		3	3	3	3
Total de especies		18	26	34	15

tes las formas suculentas y semisuculentas acompañadas por leguminosas leñosas (en este caso particular *C. placida* Brandegee y *Prosopis articulata* S. Wats.).

**Particularidades de los montículos.** La Fig. 3 muestra diagramas de caja para las variables área y altura de los montículos, así como también riqueza de especies, densidad de individuos y número de formas de vida en ellos. Del análisis se desprende que casi el 75% de los montículos muestreados agrupan entre tres y siete plantas de dos a cinco especies distintas y de una a tres formas de vida, además de integrarse en una superficie entre tres y ocho m<sup>2</sup>, mismos que cuentan con una elevación sobre el nivel del suelo entre 10 y 25 cm.

La Fig. 4 muestra esquemáticamente rasgos de cada uno de los tres sitios muestreados en relación con la superficie de muestreo (1 000 m<sup>2</sup>). El área de los montículos representa sólo entre el 40 y el 60% de la sumatoria de la cobertura vegetal y entre el 15 y el 40% de la superficie de muestreo (1 000 m<sup>2</sup>). Estas proporciones muestran la heterogeneidad de los sitios aunque estos se encuentran relativamente cercanos entre sí (véase Fig. 1).

Resultante de la aplicación de la correlación lineal de rango de Spearman entre las variables de los montículos y las propiedades de la vegetación se encontró que de las 10 combinaciones posibles entre las variables, todas éstas resultaron significativas (esto es, se cumple la  $H_0: \beta = 0$ ), a excepción de la correlación entre la combinación altura de los montículos, formas de vida o crecimiento de la vegetación (cuadro 3), esto es que existe cierto nivel de correlación

entre la mayor parte (9/10) de los pares de variables analizadas, de las cuales las combinaciones de la riqueza de especies con la abundancia de individuos (0.90) y las formas de crecimiento o de vida (0.81) tuvieron los mejores niveles.

**Interacciones de las especies vegetales.** Para el primer sitio de muestreo se determinó la combinación de 351 pares de especies, de los cuales sólo 39 pares presentaron co-ocurrencia significativa en la relación presencia-ausencia. Al descartar aquellos pares de especies en los que uno de sus componentes tuvo frecuencia igual a uno, resultaron cinco pares de especies con asociación negativa y cuatro pares con asociación positiva (Fig. 5).

Para el segundo sitio se analizó la combinación de 171 pares de especies, de los cuales sólo seis pares presentaron co-ocurrencia significativa entre sus presencias-ausencias. Al descartar los pares de especies en los que uno de sus componentes tuviera frecuencia igual a uno, resultó sólo un par con asociación negativa y dos con asociación positiva (Fig. 5). En el tercer sitio no se registraron asociaciones vegetales que resultaran estadísticamente significativas.

**Análisis de las características edafológicas.** Las variables del suelo pH, bicarbonatos, textura, fósforo soluble y contenido total de nitrógeno no presentaron diferencias significativas dentro y fuera de los montículos, en tanto que el contenido de materia orgánica y la salinidad sí resultaron significativamente diferentes entre los dos tratamientos (cuadro 4).

**Cuadro 3.** Valor del coeficiente de correlación  $r$  para las correlaciones de Spearman con las variables: altura y área de los montículos, riqueza de especies, densidad de individuos y formas de vida o crecimiento (FV) de la vegetación. Se resaltan en negritas aquellas correlaciones que resultaron significativas  $p > 0.05$  (donde  $H_0: \beta = 0$  y  $H_a: \beta \neq 0$ ).

	altura	área	riqueza	densidad	FV
altura	*				
área	<b>0.360336</b>	*			
riqueza	<b>0.213526</b>	<b>0.562156</b>	*		
abundancia	<b>0.226165</b>	<b>0.641964</b>	<b>0.907582</b>	*	
FV	0.133848	<b>0.41858</b>	<b>0.811532</b>	<b>0.691904</b>	*

**Cuadro 4.** Propiedades del suelo en montículo y en suelo descubierto. Los datos representan la media  $\pm$  1 desviación estándar ( $n = 11$ ). Se marca con \* las diferencias entre suelos (montículo y descubierto) que fueron significativas a  $p < 0.05$ ; NS, no significativo de acuerdo a la prueba  $t$ .

Variable	Suelo en montículo		Suelo descubierto		
pH (U. de pH)	8.60	$\pm$ 0.54	8.59	$\pm$ 0.34	NS
Conductividad eléctrica ( $\mu$ S/cm)	181.94	$\pm$ 59.55	105.77	$\pm$ 26.18	*
Carbonatos (mg/kg)	83.18	$\pm$ 13.44	82.07	$\pm$ 9.59	NS
Materia orgánica (%)	0.72	$\pm$ 0.52	0.33	$\pm$ 0.27	*
Arena (%)	83.76	$\pm$ 11.44	84.97	$\pm$ 8.50	NS
Limo (%)	12.35	$\pm$ 5.65	12.53	$\pm$ 7.85	NS
Arcilla (%)	10.65	$\pm$ 7.64	10.84	$\pm$ 7.09	NS
Nitrógeno total (%)	0.06	$\pm$ 0.04	0.04	$\pm$ 0.02	NS
Fósforo soluble (mg/kg)	4.89	$\pm$ 2.44	23.87	$\pm$ 59.25	NS

## DISCUSIÓN

Un estudio florístico previo realizado en la misma área de estudio (León de la Luz *et al.*, 1996) estableció que dentro del predio El Comitán ocurren 136 especies de plantas de las cuales 96 corresponden a formas perennes, incluyendo herbáceas y trepadoras perennes, arbustivas y arbóreas (Perea *et al.*, 2005). En la superficie muestreada de los montículos, se registraron 34 especies perennes de varias formas de vida (un 37.5% del total); puesto que estas especies son las que se concentran en el “área mínima”, se interpreta que representan a las especies dominantes, las más comunes y frecuentes de la comunidad en referencia, lo cual implica que los cambios en la dinámica de la comunidad inciden más en estas especies que en aquellas con menor grado de representatividad.

Si bien no es parte de los objetivos de este trabajo, ante todo porque se trata de un proceso que requiere registro de varios años, es oportuno hipotetizar el desarrollo de los montículos de acuerdo a la experiencia de 25 años de trabajo en el sitio de los autores. La formación de los montículos se debe a la combinación de una serie de acciones: la primera, es la erosión diferencial del suelo ante el escurrimiento superficial que producen las erráticas lluvias torrenciales, debido a la pendiente del terreno (en promedio uno y medio grados); la escorrentía se desplaza en flujo laminar antes de alcanzar los arroyos de drenaje, desprendiendo y transportando partículas superficiales del suelo en suspensión. La segunda fase consiste en que, ante el flujo de la escorrentía, algunos cuerpos en el suelo (ramas y troncos caídos o en pie, raíces superficiales, hojarasca) actúan

como barreras y centros de agregación de detritos y partículas de suelo, lo cual es también considerado por Parsons *et al.* (1992). Finalmente, se incluye la acción de la fauna, particularmente de roedores fosoriales, aunque su papel parece relacionarse más con el mantenimiento del montículo ya consolidado como lo señalan Álvarez *et al.* (2006).

De acuerdo con la revisión que Aguiar y Sala (1999) hicieron acerca de la estructura en parches en las zonas áridas del mundo, los montículos de El Comitán pertenecen a la clasificación de parches en spot o leopardo, es decir parches de vegetación densa de forma circular irregular, isodiamétrica, tamaño variable, desde 1 m hasta 100 m de diámetro (Fig. 2). Rostagno *et al.* (1991), en la Patagonia, encontraron montículos de hasta 50 cm de altura, proponiendo que la altura es correlativa con la edad del montículo, lo cual no parece ser absolutamente cierto, pues autores como Parsons *et al.* (1992) y observaciones del presente trabajo, señalan que la altura puede estar en función de factores tales como la pendiente del sitio y la actividad de la fauna diversa, que en su oportunidad pueden rebajarlo o acrecentarlo.

Al analizar las correlaciones entre las características de los montículos y la vegetación, se obtuvo, entre otros, el valor  $r$  alto entre el área del montículo y la densidad de las plantas ( $r = 0.64$ ,  $p > 0.05$ , véase cuadro 2), lo que significa una clara tendencia a covariar de la misma manera; entonces, el montículo aumenta su área incorporando un mayor número de individuos, o viceversa. Adicionalmente, existe también otra correlación significativa entre el área

del montículo y el número de las distintas formas de vida o crecimiento presentes en ellos ( $r = 0.41, p > 0.05$ , véase cuadro 3) lo cual sugiere que al crecer el montículo, aumenta el número de individuos vegetales de distintas características y, en consecuencia, se desarrolla la complejidad del mismo en cuanto a la forma de vida de las plantas.

Derivado del análisis de la interacción de las especies, no se obtuvo un alto nivel en las asociaciones positivas entre pares de especies de plantas en los montículos, lo cual es congruente con las conclusiones de Monroy *et al.* (2007) para parches de vegetación en el Valle de Actopan, Méx., quienes afirman que cada parche de vegetación tiene su propia dinámica debido a la variabilidad estructural entre ellos. Adicionalmente, Callaway (1995) propone que la asociación entre especies es atribuible en mayor medida a razones de oportunidad, lo cual también concuerda con los resultados de este trabajo en el sentido de que sólo una baja proporción de especies se registran como una asociación de aparente dependencia específica. Esto es, el desarrollo de los montículos dependería, en primer plano, de la función de las colonizadoras o pioneras al modificar el entorno y hacerlo adecuado para la siguiente generación de especies: las facilitadoras o dominantes, mismas que conforman el montículo para permitir la agregación de las especies cuantitativamente subordinadas, cuyo establecimiento es, en gran medida, atribuido al factor oportunidad.

Las colonizadoras de espacio se representan típicamente en la choya *Cylindropuntia cholla* Weber, lomboy blanco *Jatropha cinerea* (Ortega) Muell.-Arg., y la matorra *J. cuneata* Wigg. *et* Rollins, cuyas plántulas

presentan la facultad para desarrollarse en espacios abiertos, y mientras se desarrollan actúan como cuerpos de retención-agregación de suelo y detritos. Tal aseveración está basada en el registro de leño de choya en los montículos, mismos que tardan muchos años en degradarse, así como del preferente desarrollo de las dos especies de *Jatropha* fuera de los montículos.

Las facilitadoras actúan para el establecimiento de otras especies y para el mantenimiento del montículo. Así entonces, este grupo de especies consisten de formas arbustivas y arbóreas de familias como las leguminosas (mezquite *Prosopis articulata* S. Wats., *Caesalpinia placida*), las cactáceas (pitaya dulce *Stenocereus thurberi* (Engelm.) Gibson *et* Horak, pitaya agria *S. gummosus* (Engelm.) Gibson *et* Horak), palo adán *Fouquieria diguetii* (Van Tieghem) I.M. Jhtn. y el torote (*Bursera microphylla* A. Gray), todas estas especies también son dominantes en general en el matorral sarcocaula en el sur de la península de Baja California (León de la Luz *et al.*, 2000). El grupo de especies que se establecen bajo las facilitadoras o dominantes son las especies demográficamente subordinadas o casuales, cuya identidad se encuentra en la mayor parte del listado florístico que se presenta en el cuadro 2, aunado a otras especies perennes que no aparecen en tal listado por ser de relativa baja densidad en el área, por ejemplo *Ruellia californica* (Rose) I.M. Jhtn., *Vallesia glabra* (Cav.) Link, *Bourreria sonora* S. Wats., *Ferocactus peninsulae* (Engelm. Ex Weber) Britt. *et* Rose, *Viguiera* spp.

Analizando las propiedades de suelo descubiertas y suelo de los montículos, en esta investigación se encontró que, de las nueve

variables de suelo comparadas, sólo dos resultaron ser significativamente distintas: la salinidad y el contenido de materia orgánica (cuadro 3). La mayor concentración de sales solubles en los montículos, estimada indirectamente a través de la conductividad eléctrica, puede ser explicada como el resultado de la acumulación de la hojarasca o *litter*, la cual al descomponerse libera sales que son lixiviadas hacia el suelo tal y como lo describen Rostagno *et al.* (1991). El mayor contenido de materia orgánica en los montículos, en contraste con las áreas adyacentes desprovistas de vegetación, puede explicarse: (1) por la producción de hojarasca de los mismos componentes del montículo que se acumula y mineraliza *in situ*; (2) por la actividad de la fauna, debido al constante depósito de desechos orgánicos de alimentos, cadáveres y heces y (3) por la eliminación y transporte de los nutrientes en las áreas desnudas por el lavado, y su posterior depositación hacia los montículos (García y McKell, 1970).

Con respecto a la distribución del nitrógeno, los análisis de este trabajo no muestran diferencias en cuanto a la cantidad total dentro y fuera de los montículos de suelo, lo que puede explicarse porque los restos nitrogenados se depositan tanto en los montículos como fuera de éstos. Por ejemplo, de los desechos de la fauna el más común son las heces de las liebres, que tienden a acumularse en cantidad en los espacios abiertos. En otros estudios, como los de Pugnaire (1996) y García y McKell (1970) se demuestran diferencias estadísticas, pero esos estudios se realizaron en zonas hiperáridas, donde los espacios entre los arbustos son más amplios que en los de este trabajo y la fauna tiene otras características.

Adicionalmente, García y McKell (1970) aseguran que la distribución de las raíces sigue ciertos niveles del nitrógeno en el suelo. En el área de estudio los sitios descubiertos están desprovistos de vegetación, pero no de raíces, ya que las raíces de las plantas que crecen sobre los montículos pueden extenderse horizontalmente mucho más allá de los límites del mismo montículo de acuerdo a observaciones personales. De hecho, este tipo de crecimiento radicular es una adaptación de las plantas de las regiones áridas para disponer de manera rápida del agua que en bajos niveles se deposita en la superficie del suelo (lluvia ligera, condensación matutina), recurso de disponibilidad escasa e impredecible en este tipo de ambientes.

Integrando la información obtenida, los montículos de El Comitán no pueden considerarse como islas de fertilidad en el sentido propuesto por García y McKell (1970) sino más bien como islas de recursos, ya que actúan como sitios favorables para el establecimiento de vegetales a través de varios factores, el más importante parecería ser la sombra dada por la aglomeración de plantas y, a partir de ésta se crean diversas condiciones en el microambiente (retención de humedad, atracción de fauna). Las características edáficas de los montículos muestran algunas diferencias con respecto al suelo desnudo (particularmente materia orgánica), hecho que puede ser factor importante para el establecimiento y desarrollo de nuevos individuos de plantas. Kruckeberg (1969) describió las ventajas que estos microsítios ofrecen a la vegetación, mismos que crean diferencias locales para el establecimiento y la distribución de los individuos y de formas de vida.

Las especies muestreadas en este trabajo, que son características del paisaje en el área de estudio pueden considerarse las facilitadoras en un esquema sucesional. Individuos de estas especies desaparecen de los montículos por causas naturales en tiempos variables, hecho que eventualmente inicia la degradación del montículo ante la ausencia de las propiedades brindadas por éstas, la pérdida gradual de agentes de resistencia da lugar a la erosión del montículo, hasta que éste desaparece. De esta manera, existen causas exógenas (plagas, disturbio antrópico y de la misma fauna silvestre) y endógenas (debilitamiento, muerte de las facilitadoras) que pueden desestabilizar a los montículos hasta su desaparición. Aguiar y Sala (1994) proponen que las causas endógenas son cíclicas y que la cantidad de semillas y plántulas reclutadas disminuye conforme aumenta la distancia desde los montículos, teniendo una baja densidad en el suelo descubierto. Algunas especies, como los cactus columnares (*Pachycereus* y *Stenocereus*) por su longevidad, persisten aún después de desaparecido el montículo.

El papel de la fauna es relevante en el establecimiento de los montículos; entre otras, en el sitio de estudio las semillas de cactáceas son activamente consumidas tanto por roedores como por aves (Anguiano, 1996; Tovar-Gerardo, 1999; Álvarez *et al.*, 2005), siendo el garambullo *Lophocereus schottii* (Engelm.) Britt. *et* Rose, el cardón *Pachycereus pringlei* (S. Wats) Britt. *et* Rose, la pitaya dulce *Stenocereus thurberi* (Engelm.) Gibson *et* Horak y la pitaya agria *S. gummosus* (Engelm.) Gibson *et* Horak, cactus que producen un importante volumen de semillas en esta localidad (León de la Luz *et al.*, 1991). Sin embargo

los roedores tienen un mayor espectro de especies vegetales de las cuales remueven semillas, por lo que se considera que este gremio participa activamente en la dinámica de los montículos, por el movimiento de suelo al cavar galerías y la remoción de semillas, hecho que incrementa los patrones de riqueza de especies vegetales y la productividad del sitio (Cameron, 2000; Álvarez *et al.*, 2005).

### CONCLUSIONES

1. El conjunto de especies muestreadas en los montículos corresponden a las “facilitadoras”, gremio que consolida el establecimiento de cada montículo. A partir de las condiciones que estas especies crean gradualmente se incorporan otros vegetales, activando la diversificación numérica y de formas de crecimiento de los montículos.
2. Los componentes de la vegetación tienden a agregarse azarosamente; esto es, la incorporación de los vegetales es más bien oportunista a partir de las especies facilitadoras, representadas en la zona de estudio por vegetales dominantes fisonómica y cuantitativamente de acuerdo con su índice de valor de importancia (IVI).
3. Debido a la escasa significancia estadística entre las variables del suelo analizadas entre sitios del montículo y el suelo sin cobertura vegetal, puede afirmarse que los montículos no actúan como islas de fertilidad. Estos montículos más bien pueden considerarse islas de recursos, ya que las condiciones microambientales (entre otros, la sombra) que generan pueden favorecer la atracción de semillas, su germinación y el establecimiento de plántulas de las especies

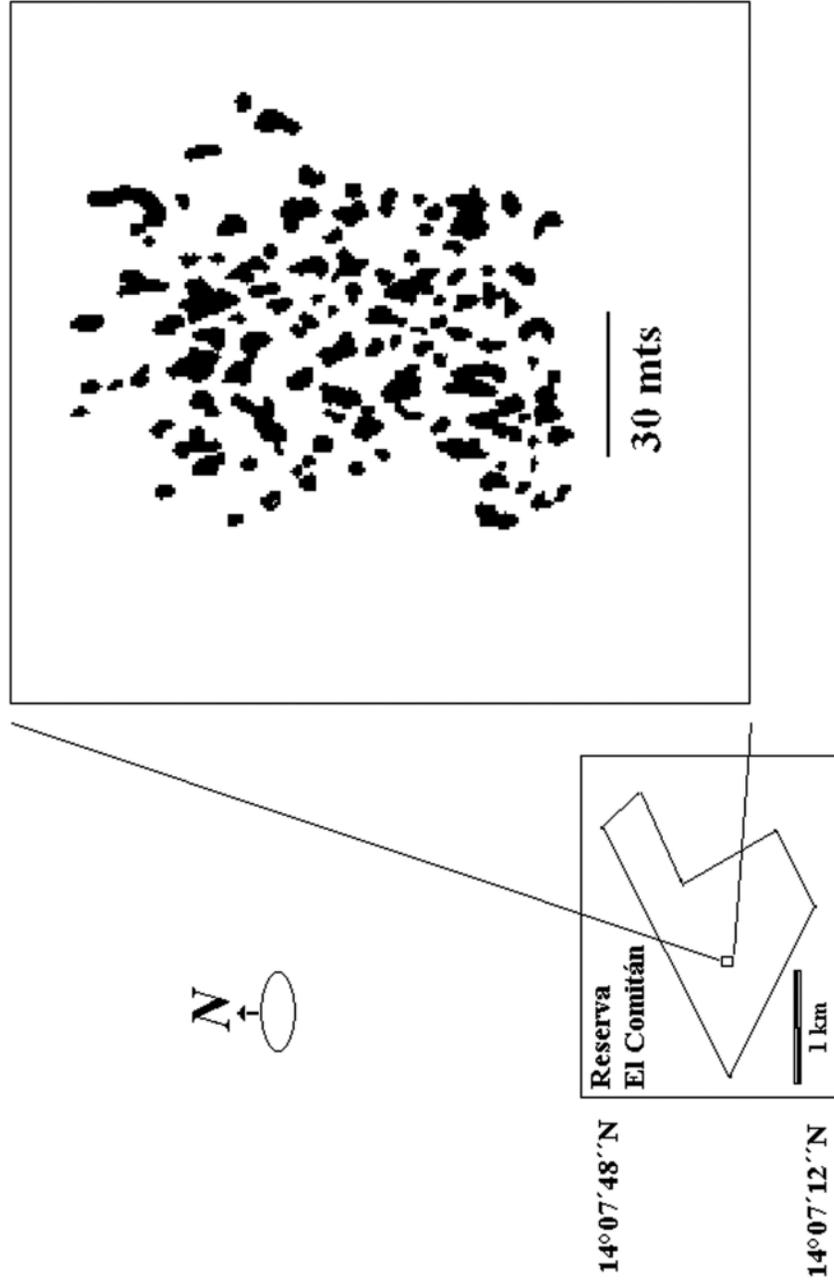
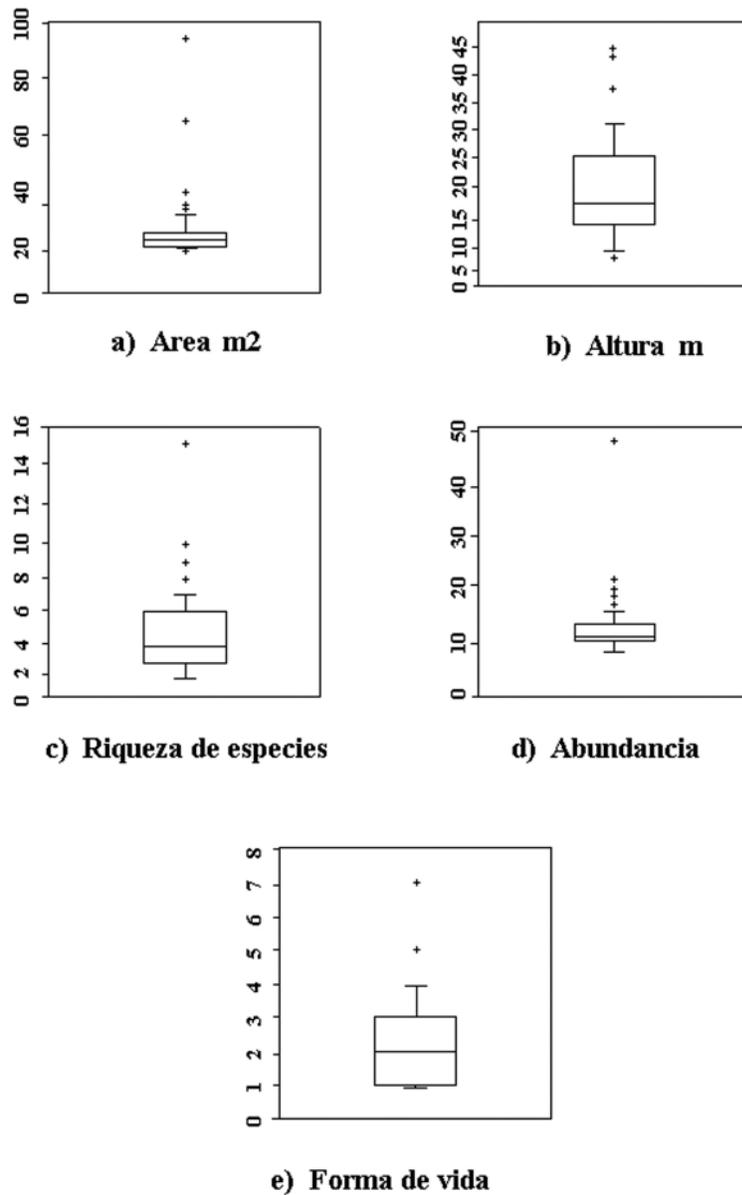
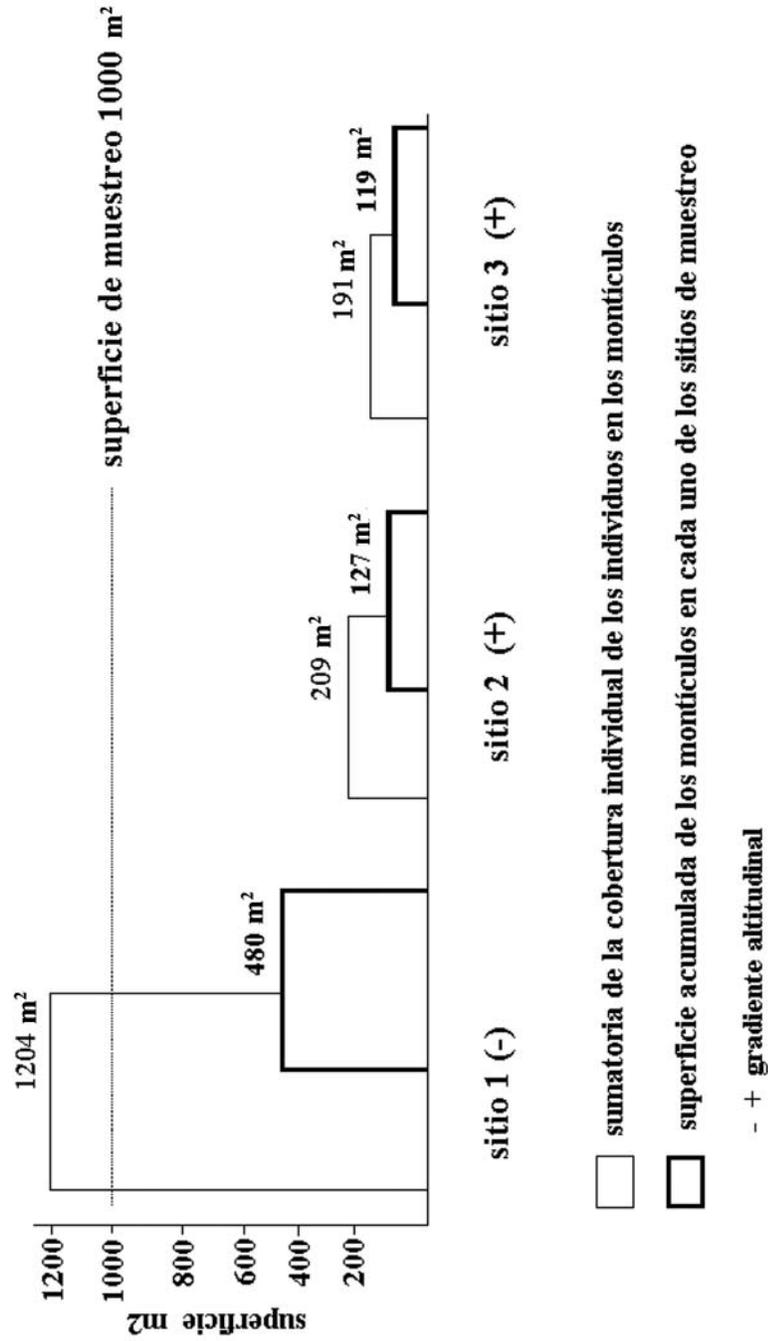


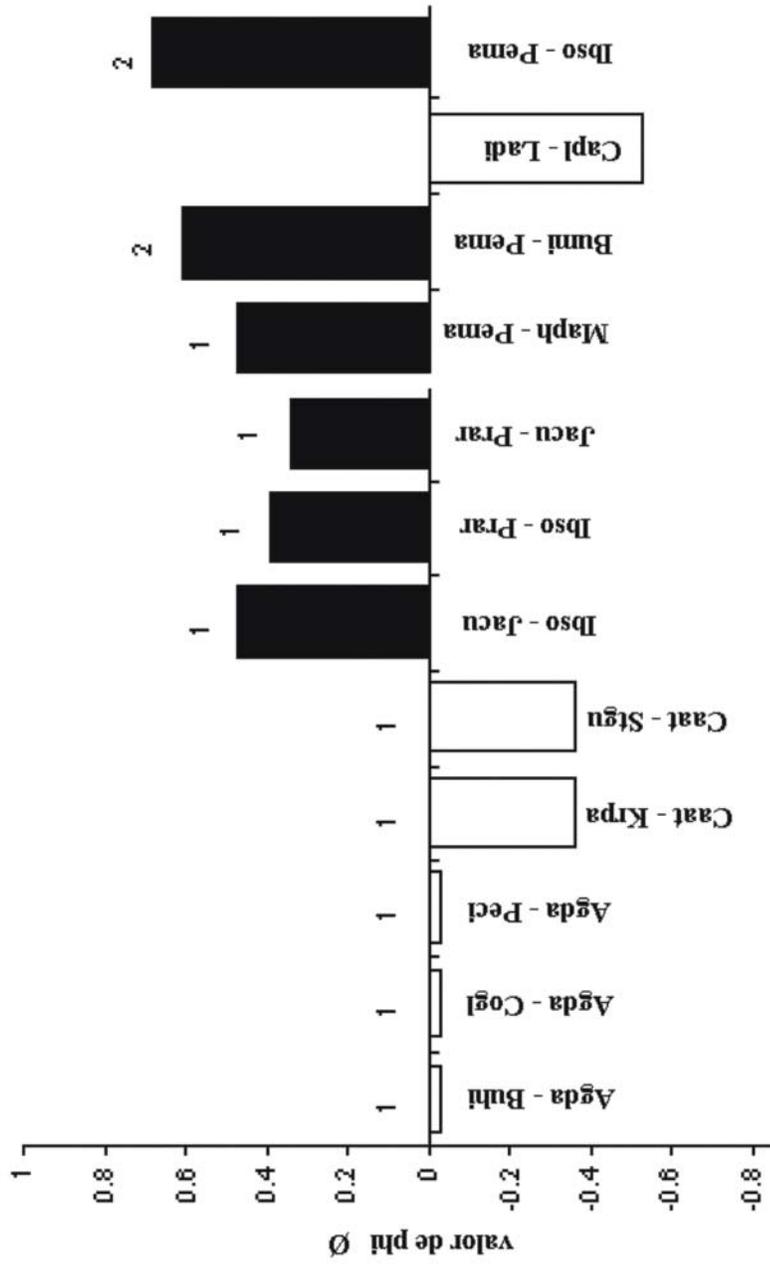
Fig. 2. Ejemplo de distribución espacial de los montículos de El Comitán. Fotointerpretación de una imagen Google Earth™ de noviembre de 2006, 350 m de altura.



**Fig. 3.** Gráficos de caja para las variables analizadas para los montículos: (a) área, (b) altura, y para los atributos de la vegetación (c) riqueza, (d) densidad de individuos, (e) formas de vida o crecimiento. La caja (rectángulo) contiene el 25-75% de los datos, la línea que la atraviesa es la mediana (50%), las líneas debajo y sobre la caja marcan el 10 y 90% respectivamente, mientras que los símbolos + representan los valores extremos.



**Fig. 4.** Comparación de la superficie cubierta por la sumatoria de la contribución individual de las plantas en los montículos (la suma de la cobertura) y la de los montículos en cada sitio. En todos los casos se trata de 1000 m<sup>2</sup> de muestreo. Véase representación en la Fig. 2.



**Fig. 5.** Asociaciones positivas y negativas para las especies de los montículos en El Comitán. El eje y muestra el valor de  $\Phi$  (phi) para identificar el grado de asociación entre las especies ( $\Phi$  oscila entre -1 y 1) así como si las asociaciones son positivas (negro) o negativas (blanco). Véase código de especie en listado florístico.

del sitio, aspectos que deberán probarse en posteriores actividades que surjan de este trabajo.

### AGRADECIMIENTOS

Al personal del herbario HCIB, Miguel Domínguez y Franco Cota por el apoyo en el trabajo de campo. A la doctora Martha Haro Garay por su valiosa asesoría en técnicas estadísticas.

### LITERATURA CITADA

- Aguiar, M. and Sala, O., 1994. "Competition, facilitation, seed distribution, and the origin of patches in a Patagonian steppe". *Oikos*, **70**: 26-34.
- Aguiar, M. and Sala, O., 1999. "Patch structure, dynamics and implications for the functioning of arid ecosystems". *Trends in Ecology and Evolution*, **14**: 273-277.
- Alcaraz, L. y Ayala, B., 1985. "Análisis Edafológico del Comitán, Baja California Sur". *Symposium Uso y Preservación de los Recursos Biológicos Marinos y de Zonas Áridas*. Centro de Investigaciones Biológicas AC., Universidad Autónoma de Baja California Sur y Universidad de Uppsala. La Paz, BCS, México. pp 23-26.
- Álvarez Castañeda, S.T.; Cortés Calva, P. and Vázquez, M.R., 2005. "Structure and contents of burrows of the pocket mouse (*Chaetodipus ruidinoris*) near La Paz, Baja California Sur, México". en V. Sánchez-Cordero y R. Medellín (eds.). *Contribuciones Mastozoológicas en homenaje a Bernardo Villa*. Instituto de Ecología, UNAM, CONA-BIO. México DF. 225 pp.
- Anguiano, F., 1996. *Ecología reproductiva y métodos de forrajeo de Toxostoma cinereum (Xantus de Vasey) y Campylorhynchus brunneicapillus (Lafresnaye) en el matorral sarcocaula de la Región del Cabo, BCS, México*, tesis de licenciatura, ENEP-Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, 98 pp.
- Anónimo, 1981. *Carta de Uso de Suelo y Vegetación 1: 100 000*. "Hoja La Paz". Secretaría de Programación y Presupuesto, Dirección General de Geografía del Territorio Nacional, México.
- Association of Analytical Chemists (AOAC), 2005. *Official methods of analysis*. Arlington, Virginia, USA. 18 pp.
- Bertiller, M.B.; Bisigato, A.J.; Carrera, A.L. y Valle, H.F., 2004. "Estructura de la vegetación y funcionamiento de los ecosistemas del Monte Chubutense". *Bol. Soc. Argent. Bot.*, **39**: 139-158.
- Brower, J.E.; Zar, J.H. and von Ende, C.N., 1998. *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. 4th. Edition. McGraw-Hill Companies, Inc., Boston, MA, 273 p. + diskette.
- Burrows, C.J., 1990. *Processes of vegetation change*. Unwin-Hyman, London. 551 pp.
- Callaway, R.M., 1995. "Positive interactions among plants". *The Botanical Review*, **61**: 306-349.

- Callaway, R.M., 1997. "Positive interactions in plant communities and the individualistic-continuum concept". *Oecologia*, **112**: 143-149.
- Camargo Ricalde, S.L., Dhillion; S.S. and Grether, R., 2002. "Endemic *Mimosa* species, community structure, and environmental heterogeneity in the semiarid Valley of Tehuacán-Cuicatlán, Mexico". *Journal of Vegetation Science*, **13**(5): 697-704.
- Camargo Ricalde, S.L. and Dhillion, S.S., 2003. "Endemic *Mimosa* species can serve as mycorrhizal "resource islands" within semiarid communities of the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico". *Mycorrhiza*, **13**: 129-136.
- Cameron, G.N., 2000. "Community Ecology of Subterranean Rodents". in E.A. Lacey, J.L. Patton and G.N. Cameron (eds.) *Life Underground. The biology of subterranean rodents*. The University of Chicago Press, Chicago, USA. pp 125-245.
- Carrillo García, A.; Bashan, Y.; Díaz-Rivera, E. and Bethlenfalvay, G.J., 2000. "Effects of resource-island soils, competition, and inoculation with *Azospirillum* on survival and growth of *Pachycereus pringlei*, the Giant Cactus of the Sonoran Desert". *Restoration Ecology*, **8**: 65-73.
- Castellanos, A.E.; Tinoco Ojanguren, C. and Molina Freaner, F., 1999. "Microenvironmental heterogeneity and space utilization by desert vines within their host trees". *Annals of Botany*, **84**: 145-153.
- Connell, J.H. and Slatyer, R.O., 1977. "Mechanisms of Succession in Natural Communities and Their Role in Community Stability and Organization". *American Naturalist*, **111**: 1119-1144.
- Flores López, E.Z., 1998. *Geosudcalifornia*. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 1ª. ed. La Paz, BCS. México. 276 pp.
- García Moya, B. and McKell, C.M., 1970. "Contribution of shrubs to the nitrogen economy of a desert-wash plant community". *Ecology*, **51**: 81-88.
- Hammond, E.H., 1954. "A geomorphic study of the Cape Region of Baja California. University of California Publications in Geography". University of California Press, Berkeley, Los Angeles. 98 pp.
- Jackson M.L., 1982. *Análisis químico de suelos*. 4a. ed. Ediciones Omega. Barcelona. 662 pp.
- Kruckeberg, A.R., 1969. "Soil diversity and the distributions of plants, with examples from western North America". *Madroño*, **20**: 129-154.
- Legendre, P. and Legendre, L., 1998. *Numerical Ecology*. 2 ed. Elsevier. Amsterdam, Netherlands. 782 pp.
- León de la Luz, J.L. y Domínguez, R., 1991. "Evaluación de la reproducción por semilla de la pitaya agria (*Stenocereus gummosus*) en Baja California Sur, México". *Acta Botánica Mexicana*, **14**: 75-87.

- León de la Luz, J.L.; Coria-Benet, R. y Cruz Estrada, M., 1996. "Fenología floral de una comunidad árido-tropical de Baja California Sur, México". *Acta Botánica Mexicana*, **35**: 45-64.
- León de la Luz, J.L.; Pérez Navarro, J.J. and Breceda, A., 2000. "A transitional xerophitic tropical plant community of the Cape Region, Baja California". *Journal of Vegetation Science*, **11**(4): 555-564.
- Maya, Y. and Arriaga, L., 1996. "Litterfall and phenological patterns of the dominant overstorey species of a desert scrub community in north-western Mexico". *Journal of Arid Environments*, **34**: 23-35.
- Molina Freaner, F. and Tinoco Ojanguren, C., 1997. "Vines of a desert community in central Sonora, Mexico". *Biotropica*, **49**: 46-56.
- Monroy Ata, A.; Estévez Torres, J.; García Sánchez, R. y Ríos Gómez, R., 2007. "Establecimiento de plantas mediante el uso de micorrizas y de islas de recursos en un matorral xerófilo deteriorado". *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, **80**: 49-57.
- Parsons, A.; Abraham, A. and Simanton, R., 1992. "Microtopography and soil surface materials on semi-arid piedmont hillslopes, southern Arizona". *Journal of Arid Environments*, **22**: 107-115.
- Perea, M.C.; Ezcurra, E. and León de la Luz, J.L., 2005. "Functional morphology of a sarcocaulous desert scrub in the bay of La Paz, Baja California Sur, Mexico". *Journal of Arid Environments*, **62**: 413-426.
- Pugnaire, F.; Hasse, P. and Puig de Fábregas, J., 1996. "Facilitation between higher plant species in a semiarid environment". *Ecology*, **77**: 1420-1426.
- Reitemeier R.F., 1946. "Effect of moisture content on the dissolved and exchangeable ions of arid regions". *Soil Science*, **61**: 195-213.
- Rodríguez Salazar, M.; Hernández, S.A. y Bravo-Núñez, E., 2001. *Coeeficientes de asociación*. Plaza y Valdés Editores. México, DF. 45 pp.
- Rostagno, C.M.; Valle, F.F. and Videla, L., 1991. "The influence of shrubs on some chemical and physical properties of an aridic soil in north-eastern Patagonia, Argentina". *Journal of Arid Environments*, **20**: 179-188.
- Rzedowski, J., 1978. *Vegetación de México*. Editorial Limusa. México DF 431 pp.
- , 1979. "Los bosques secos y semi-húmedos de México con afinidades neotropicales", en G. Halffter y J. Rabinovich. *Tópicos de Ecología Contemporánea*. Fondo de Cultura Económica. México DF pp 37-46.
- Sala, O. and Aguiar, M., 1996. "Origin, maintenance, and ecosystem effect of vegetation patches in arid lands". *Proceedings Vth International Rangeland Congress*. Salt Lake City, Utah.

- Shreve, F. and Wiggins, I.L., 1964. *Vegetation and Flora of the Sonoran Desert*. Stanford University Press. California, USA. 1740 pp.
- Tovar Gerardo, A.R., 1999. *Colocación de perchas en áreas desmontadas del matorral sarcocaula de Baja California Sur: una evaluación experimental de su efecto en las aves dispersoras de semillas con fines de restauración*. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, BC. 89 pp.
- Valiente Banuet, A. and Ezcurra, E., 1991. "Shade as a cause of the association between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse plant *Mimosa luisiana* in the Tehuacán Valley, México". *Journal of Ecology*, **79**: 961-971.
- Walkley A. and Black, I.A., 1934. "An examination of methods for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method". *Soil Science*, **37**: 29-38.
- Whitfield, J., 2007. "Underground networking". *Nature*, **449**: 136-139.
- Wiggins, I.L., 1980. *Flora of Baja California*. Stanford University Press. Stanford, California. 1025 pp.
- Zar, J.H., 1999. *Biostatistical Analysis*. 4th edition. Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, NJ. 718 pp.

Recibido: 29 enero 2009. Aceptado: 27 noviembre 2009.