

**Informe final\* del Proyecto R217**  
**Asociación de cactáceas con arbustos en el desierto costero de Topolobampo, Sinaloa**

<b>Responsable:</b>	M en C. Álvaro Reyes Olivas
<b>Institución:</b>	Universidad de Occidente
<b>Dirección:</b>	Blvd Macario Gaxiola y Carretera Internacional s/n, Los Mochis, Sin, 81200 , México
<b>Correo electrónico:</b>	<a href="mailto:iflores@mochis.udo.mx">iflores@mochis.udo.mx</a>
<b>Teléfono/Fax:</b>	N/D
<b>Fecha de inicio:</b>	Octubre 30, 1998
<b>Fecha de término:</b>	Diciembre 6, 2000
<b>Principales resultados:</b>	Hoja de cálculo, Informe final
<b>Forma de citar** el informe final y otros resultados:</b>	Reyes Olivas, A., 2001. Asociación de cactáceas con arbustos en el desierto costero de Topolobampo, Sinaloa. Universidad de Occidente. <b>Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. R217.</b> México D. F.
<b>Forma de citar Hoja de cálculo</b>	Reyes Olivas, A., 2001. Asociación de cactáceas con arbustos en el desierto costero de Topolobampo, Sinaloa. Universidad de Occidente. <b>Hoja de cálculo SNIB-CONABIO proyecto No. R217.</b> México D. F.

**Resumen:**

Las cactáceas son un grupo vegetal amenazado y se requiere conocer su distribución ecológica para orientar actividades conservacionistas. El grupo está representado por 13 especies en la isla Mazocahui I (Topolobampo, Ahome, Sinaloa) de las cuales 2 están protegidas por la NOM-059-ECOL-1994 y 6 son endémicas a México. No se conoce la relación que guardan con factores de hábitat en desiertos costeros y esto se pretende lograr mediante el análisis de patrón. En un área de 2,500 m cuadrados: 1) se registrará la cobertura de arbustos, la distancia de las cactáceas a las rocas y la densidad de individuos bajo arbustos y a cielo abierto para detectar si existe distribución agregada de las suculentas; 2) se registrarán variables ambientales selectas por estratos (bajo arbustos, bajo rocas y a cielo abierto) para explotar relaciones efecto- causa en las cactáceas de distribución agregada; 3) en las especies asociadas con arbustos se registrará su tamaño y la frecuencia del vecino más cercano para detectar patrones de reemplazo. La relación con los arbustos y los patrones de reemplazo se analizarán con la ayuda de pruebas de independencia, mientras que la relación con las rocas y las variables ambientales se explorarán mediante la comparación de medias con t u otras técnicas no paramétricas.

- 
- \* El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en [www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx)
  - \*\* El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

**RELACIÓN ESPACIAL ENTRE CACTACEAS Y ARBUSTOS DEL  
DESIERTO COSTERO DE TÓPOLÓBAMPÓ, SINALOA**

Reyes-Olivas, Alvaro'

Universidad de accidente, Apdo. Postal 936. Los Mochis 81200, Sinaloa, México, rolivasm@megared.net.mx

**Introducción**

La vegetación de medios secos de diferentes partes del mundo está compuesta por arbustos perennes más o menos espaciados, debajo de los cuáles se establecen otras especies, incluidas las cactáceas. Estos arbustos facilitan el establecimiento de las plantas asociadas y son calificados como "plantas nodriza" (Niering *et al.*, 1963; Turner *et al.*, 1966, 1969).

Las limitaciones impuestas por la escasez de agua y las altas temperaturas que prevalecen en estos medios son críticas para la germinación y establecimiento de las plántulas (Nobel, 1988), pero pueden ser atenuadas por el sombreo de arbustos nodriza (Pacten, 1978; Smith *et al.* 1987) y por la protección de rocas grandes (Steenbergh y Lowe, 1969; Larmuth y Harvey, 1978). Adicionalmente, los arbustos pueden modificar otros factores como la radiación solar (Nobel, 1980; Franco y Nobel, 1989), la fertilidad del suelo (García-Moya y McKell, 1970; Charley y West, 1975; Franco y Nobel, 1989), el daño mecánico y la depredación (McAuliffe, 1984b, Suzán *et al.*, 1996). El patrón de establecimiento bajo arbustos es una de las causas principales de distribución en conglomerados de las cactáceas (Nobel, 1980; Vandermeer, 1980; McAuliffe, 1984a,b), aunque también se pueden formar conglomerados en espacios abiertos por efectos de competencia, apacentamiento y alelopatía (Fowler, 1986).

La asociación positiva de cactáceas con arbustos nodriza se ha descrito en los desiertos de Sonora y Chihuahua (Turner *et al.*, 1966; McAuliffe, 1984a,b; Franco y Nobel, 1989; Suzán *et al.*, 1996; Yeaton, 1978;

Yeaton y Romero-Manzanares, 1986), en ambientes secos del centro de México (Valiente-Banuet, Vite y Zavala-Hurtado, 1991; Valiente-Banuet *et al.*, 1991; Valiente-Banuet y Escurra, 1991) y en el bosque caducifalio de Baja California Sur (Arriaga *et al.*, 1993). Sin embargo, el fenómeno está por elucidarse en desiertos costeros, donde la humedad relativa, el rocío y la neblina contribuyen en el balance de agua de las plantas (Noy-Meir, 1973; Larmuth y Harvey, 1978; Shemenauer y Cereceda, 1991; Vetaas, 1992).

Un sitio selecto del matorral de la isla Mazocahui I en Topolobampo, incluye 11 de las 13 cactáceas registradas en las seis islas de la bahía de Ohuira (Preciado 1994), además de una *Platyopuntia* no identificada: las globosas *Echinocereus sciurus* var. *floresii* (Backeb.) N. P. Taylor endémica de Sinaloa y protegida por la NOM-059-ECOL-94, *Mammillaria dioica* K. Brandegee, *Mammillaria mazatlanensis* K. Schumann endémica de la costa pacífica mexicana; la globosa gigante *Ferocactus herrerae* González Ortega, protegida por la NOM059-ECOL-94; las columnares *Pachycereus pecten-aboriginum* (Engelmann) Britton y Rose y *Stenocereus thurberi* (Engelmann) Buxbaum var. *thurberi*; las *Cylindropuntia* *O. burrageana* Britton y Rose y *O. fulgida* Engelmann; y las *Platyopuntia* *O. rileyi* González Ortega endémica de Sinaloa, *O. spraguei* González Ortega endémica de Sinaloa. *O. wilcoxii* Britton y Rose y *Opuntia* sp.

La relación cactáceas-arbustos en las islas de la bahía de Ohuira se ignora, aunque hay estudios *en otras* localidades sobre *M. dioica* (Cody, 1993), *P. pecten-aboriginum* y *S thurberi* (Arriaga *et al.*, 1993); tales estudios son importantes para comprender los patrones espaciales de las especies, la diversidad, la productividad y la dinámica de la comunidad (Callaway, 1995). El efecto nodriza se ha observado en cactáceas globosas de los géneros *Echinocereus*, *Mammillaria* y *Ferocactus* (McAuliffe, 1984b; Franco y Nobel, 1989; Valiente-Banuet *et al.*, 1991), en columnares como *Stenocereus thurberi* (Arriaga *et al.*, 1993), en *Cylindropuntia* (Cody, 1993) y en *Platyopuntia* (Yeaton, 1978, Yeaton *et al.*, 1983, Yeaton y RomeroManzanares, 1986). En el matorral costero del norte de Sinaloa, especies de estos mismos taxa ocupan los espacios abiertos.

El objetivo principal de este trabajo es evaluar el efecto nodriza sobre las cactáceas del desierto costero del norte de Sinaloa y explorar su relación con variables como la profundidad, temperatura, humedad, textura, fertilidad, acidez y salinidad edáficas, así como las aportaciones de agua en forma de rocío y neblinas durante la estación seca invernal. En cactáceas asociadas se analizan algunas evidencias sobre la existencia o no de reemplazo de arbustos. Nuestra hipótesis es que las nodrizas tienen poca importancia en la distribución espacial

de las cactáceas porque algunas variables físicas son más favorables en espacios abiertos que bajo el dosel de los arbustos.

## **Materiales y métodos**

### ***Área de estudio***

La isla MazocahuiI se localiza en el norte de Sinaloa, a 25° 34' 08" N y 109° 00' 44" O, tiene una elevación de 65 m s.n.m. y ocupa una superficie de 1.5 km<sup>2</sup>. Este derrame basáltico data del Pleistoceno (López-Ramos 1981), o del Cenozoico medio (Phleger y Ayala-Castañares 1969), y está rodeado por las aguas de la Bahía de Ohuira que cubren 125 km<sup>2</sup>. La citada bahía era la cuenca de un antiguo canal del Río Fuerte que se prolongaba por la bahía de Topolobampo y desembocaba en este puerto. El suelo de la isla MazocahuiI es somero, 7 cm de profundidad, textura franco-arcillosa, 50-60 por ciento de cobertura con piedras grandes y frecuentes afloramientos rocosos. Topolobampo tiene una precipitación media anual de 240 mm y una temperatura promedio de 24° C (García 1980). La mayor parte de la lluvia ocurre en los meses de julio a septiembre, y la estación seca invernal se caracteriza por una humedad relativa alta. La brisa sopla en dirección oeste-noroeste en octubre a mayo y contribuye en la frecuencia de días con neblina y rocío, 81 y 133 días/año, respectivamente. El matorral xerófilo tiene una cobertura vegetal de 10 a 80 por ciento y está dominado por el "zipehui" *Euphorbia callifornica* Benth. y el "copal" *Bursera laxiflora* S. Wats.

### ***Distribución de cactáceas***

En la ladera norte de la isla, entre los 50 y 60 m de elevación, se delimitó una parcela de 0.25 ha. Aproximadamente la mitad es un matorral bajo y abierto, con una cobertura vegetal no mayor del 15 por ciento; la otra mitad es un matorral alto y denso, cobertura ca. 80 por ciento. Se identificaron todos los arbustos del área y se registraron los diámetros mayor y menor de la copa. Las coberturas total y por especie se estimaron del diámetro promedio de la copa en el supuesto de una forma circular. Se realizó el recuento de individuos asociados y no asociados y se calcularon sus frecuencias esperadas bajo el supuesto de una distribución aleatoria. Los individuos arraigados bajo el dosel de arbustos se consideraron virtualmente asociados.

La hipótesis de igualdad entre frecuencias observadas y esperadas de cactáceas bajo arbustos se probó con el estadístico G (Sokal y Rohlf 1981), complementada con el análisis de residuales ajustados (dij) para cada uno

de los arbustos. Puesto que los residuales ajustados se distribuyen aproximadamente en forma normal con media=0 y varianza=1, los  $d_{ij} > 1.96$  indican que las frecuencias difieren significativamente al 5%. Estos valores pueden obtenerse de una  $\chi^2$ , ya que se verifica la igualdad  $d_{ij} = \text{raiz } \chi^2$  (SOCAL y Rohlf, 1981).

#### *Análisis de patrones de reemplazo*

Una vez revelada la asociación de *Platyopuntia* con arbustos, se procedió a buscar evidencias de reemplazo. Los tallos de estas cactáceas varían entre decumbentes y erectos, de modo que su altura no refleja su tamaño. Optamos por estimar un índice de longitud total (LT), con base en la longitud del eje principal (LEP) y el número de ramas (NR). El índice se ajustó con regresiones lineales por el origen en dos especies de *Platyopuntia*, con 15 observaciones cada una. Los modelos ajustados sirvieron para derivar la longitud total en 427 individuos de *Opuntia rileyi* y 49 individuos de *Opuntia spraguei*. Los efectos de la sombra de arbustos y el tamaño de las *Platyopuntia* sobre sus frecuencias se analizaron con el estadístico G sobre modelos de independencia log-lineales (Agresti, 1990). Los efectos del tamaño (y presumiblemente la edad) de *Desmanthus covillei* (Britt. y Rose) Wiggins ex Turner var. *covillei* y la asociación con *Opuntia rileyi* sobre el porcentaje de área basal muerta de *Desmanthus* se estudiaron con ayuda del análisis de varianza de dos vías. El número de tallos de *Desmanthus* varió de 2 a 46 por individuo, y el área basal se derivó del diámetro de tallos a 20 cm del suelo.

#### **Variables ambientales**

Algunas variables se registraron en campo y otras se determinaron en muestras de suelo superficial con base en un diseño de muestreo aleatorio por estratos. La profundidad del suelo se determinó con una barrena tipo tornillo. La temperatura superficial se registró cada hora el 28 de agosto de 1999 con la ayuda de termómetros de mercurio TGL 40-336, uno en suelo desnudo y dos bajo los arbustos *Haematoxylon brasiletto* Karst. y *Euphorbia californica*, de 0600 h a 1800 h.

En abril de 1999, durante la estación seca, se colectaron muestras de suelo a 0-5 cm para determinar las variables físico-químicas. A excepción de aquellas, la humedad se determinó en muestras colectadas el día 4 de septiembre, dos días después de una lluvia de 19 mm. *Haematoxylon brasiletto*, *Desmanthus covillei* var. *covillei*, *Bursera laxiflora* y *Euphorbia californica* var. *californica* mostraron proporciones contrastantes de

*Platyopuntia* asociadas, así que las muestras bajo arbustos (20) se obtuvieron de estas plantas a una distancia máxima de 0.5 radios desde el centro de su copa, en 5 individuos de cada especie. Las muestras a cielo abierto (12) se colectaron en los sitios más cercanos a las anteriores, pero a una distancia > 1.5 radios. Los porcentajes de arena, limo y arcilla se determinaron por el método del hidrómetro; la fertilidad del suelo se caracterizó por su contenido de materia orgánica con el método Walkley-Black, el nitrógeno total por la relación empírica carbón/nitrógeno (Cajuste, 1977), el fósforo aprovechable por colorimetría mediante la solución extractora de Olsen (Olsen y Dean, 1965), y el potasio por flamometría (Black *et al.*, 1965). La conductividad eléctrica se determinó con un conductímetro y el pH con un potenciómetro. La separación estricta del rocío y la neblina es compleja y no es objetivo de este trabajo. Con propósitos prácticos, se consideró como rocío el agua colectada en hojas dobles de papel Whatman No. 1 de 95 cm<sup>2</sup>. Las hojas se colocaron en platos de polietileno, 10 bajo

arbustos y 10 a descubierto, de 1900 a 0700 h, luego se colectaron en bolsas Ziplock y se trasladaron al laboratorio para estimar el agua acumulada con ayuda de una balanza analítica. La neblina se determinó con ayuda de dispositivos que son una adaptación del "neblinómetro" de Vogelmann (1973) a las condiciones desérticas. La tela mosquitero se sustituyó por pantallas cilíndricas de polietileno pegadas con silicón en una estructura de alambre; los botes de aceite se cortaron transversalmente a la mitad y se transformaron en embudos para conducir el agua a una botella de 50 ml forrada con hielo seco. Seis neblinómetros bajo arbustos y seis a descubierto se dejaron en el campo por dos periodos de 20 días. Cada botella recibió dos gotas de aceite de máquina (Reckit y Colman de México, S.A.) para reducir la evaporación.

Puesto que las variables no mostraron normalidad, las hipótesis del tipo  $H_0: \mu_1 = \mu_2$  se probaron con el estadístico Suma de Rangos de Wilcoxon para dos muestras.

## **Resultados**

### ***Relación con arbustos***

La frecuencia de *Platyopuntia* bajo arbustos resultó significativamente mayor de la que cabría esperar bajo el supuesto de una distribución aleatoria (prueba G, g.l.=1,  $P < 0.01$ ). Lo anterior significa que *O. rileyi*, *O. spraguei*, *O. wilcoxii* y *Opuntia sp* tienen un patrón agregado bajo la copa de arbustos (Cuadro 1).

La cactácea globosa *E. sciurus* y la columnar *S. thurberi*, igual que las *Cylindropuntia 0. burrageana* y *O. fulgida*, tienen valores significativos de la prueba, pero sus frecuencias observadas son menores que las

esperadas, por lo que se infiere un patrón agregado en espacios abiertos. *M. dioica* y *M. mazatlanensis* tienen valores no significativos que podrían indicar una distribución aleatoria en relación con la cobertura de arbustos.

Cuadro 1. Número de individuos de cactáceas observados y esperados bajo arbustos y en espacios abiertos. Prueba G, g.l.=1, \*\*P<0.01.

Cactáceas	Bajo arbustos		Espacios abiertos		G
	Observados	Esperados	Observados	Esperados	
<i>E. sciurus</i> var. <i>floresii</i>	124	179.5	207	151.5	37.5 **
<i>Mammillaria dioica</i>	63	53.7	36	45.3	3.6
<i>Mammillaria mazatlanensis</i>	169	178.9	161	151.1	1.2
<i>Ferocactus herrerae</i>	3	4.3	5	3.7	0.9
<i>Stenocereus thurberi</i>	14	36.9	54	31.1	32.4 **
<i>Pachycereus pecten-aboriginum</i>	5	3.3	1	2.8	2.3
<i>Opuntia burrageana</i>	13	23.9	31	20.1	11.0 **
<i>Opuntia fulgida</i>	2	9.2	15	7.8	13.6 r
<i>Opuntia rileyi</i>	400	237.5	38	2(10.5)	294.6
<i>Opuntia spraguei</i>	109	64.5	10	54.5	80.4 **
<i>Opuntia wilcoxii</i>	37	27.1	13	22.9	8.3 **
<i>Opuntia</i> sp.	54	35.3	11	29.8	24.2 **

De las 28 especies arbustivas incluidas en el análisis, siete se encontraron con un número de *Platyopuntia* asociadas mayor de lo esperado ( $d_j > 1.96$ ,  $\alpha = 0.05$ ; Cuadro 2). La comparación por especie entre frecuencias observadas y esperadas de individuos que crecen bajo arbustos, revela que la leguminosa *H. brasiletto* tiene asociadas a tres *Platyopuntia*, a excepción de *O. wilcoxii* que crece bajo el dosel de *B. laxiflora* y de la leguminosa *F. polystachva*. Además, *O. spraguei* está asociada significativamente con *E. californica* Benth. var. *californica* y la leguminosa *F. polystachva*; *O. rileyi* está asociada con la leguminosa *D. covillei* y tres no leguminosas: *B. laxiflora*, *A. angustifolia* Haw, y *E. californica*; *Opuntia* sp, crece asociada con *S. thurberi* y *A. angustifolia*. En el Cuadro 2 también puede observarse que hay proporcionalmente más individuos de *Platyopuntia* bajo leguminosas que a la sombra de otros arbustos: *D. covillei* var. *covillei* y *H. brasiletto* tienen 3.8 y 2.9 veces la frecuencia esperada de nopales. mientras que no leguminosas como *B. laxiflora* y *E. californica* var. *californica* tienen 1.7 y 1.6 veces las frecuencias esperadas, respectivamente. La hipótesis  $H_0$ : el número de *Platyopuntia* bajo leguminosas y no leguminosas es proporcional a su cobertura se rechazó con  $P < 0.001$  ( $G = 33.5$ , 1 g. L).

Cuadro 2. Frecuencia observada y esperada de *Platyopuntia* bajo arbustos. Los  $d_i$ ,  $>2$  indican diferencia significativa al 5 % de la distribución normal.

Arbustos	COB ( $\lambda$ )	Opuntia <i>rileyi</i>			<i>Opuntia spraguei</i>			<i>Opuntia</i> <i>wilcoxii</i>			Opuntia sp.		
		Obs	Esp	$d_i$	Obs	Esp	$d_{ij}$	Obs	Esp	$d_{ij}$	Obs	Esp	$d_i$
<i>Agave angustifolia</i>	4.2	41	18.5	5.3	7	5.0	0.9	2	2.1	-0.1	10	2.8	4.5
<i>Bursera laxiflora</i>	14.9	122	64.8	7.7	25	17.6	1.9	18	7.4	4.2	8	9.6	-0.6
<i>Coursetia glandulosa</i>	1.5	0	6.4	-2.6	2	1.7	0.2	1	0.7	0.3	0	1.0	-1.0
<i>D. covillei</i> var. <i>covillei</i>	3.8	95	16.6	19.6	1	4.5	-1.7	0	1.9	-1.4	2	2.5	-0.3
<i>Ech.</i> var. <i>californica</i>	12.4	68	54.3	2.0	43	14.8	7.9	10	6.2	1.6	9	8.1	0.4
<i>E. ce</i> var. <i>hindsiana</i>	3.4	0	14.7	-3.9	3	4.0	-0.5	0	1.7	-1.3	0	2.2	-1.5
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	2.4	9	10.4	-0.4	7	2.8	2.5	4	1.2	2.6	0	1.5	-1.3
<i>Naematoxylon brasileño</i>	2.6	33	11.4	6.5	12	3.1	5.1	0	1.3	-1.2	6	1.7	3.4
<i>Ipomoea arborescens</i>	4.2	26	18.3	1.8	3	5.0	-0.9	0	2.1	-1.5	4	2.7	0.8
<i>Jatropha cuneata</i>	1.5	0	6.3	-2.5	0	1.7	-1.3	0	0.7	-0.9	0	0.9	-1.0
<i>S. thurberi</i> var. <i>thurberi</i>	1.4	1	6.2	-2.1	3	1.7	1.0	1	0.7	0.3	12	0.9	11.6
Otros arbustos (9)	1.3	2	5.8	-1.6	3	1.6	1.1	1	0.7	0.4	3	0.9	2.3
Otras crassicaules (7)	1.0	3	4.4	-0.7	0	1.2	-1.1	0	0.5	-0.7	0	0.7	-0.8
Espacio abierto	45.6	38	199.8	-15.5	10	54.3	-8.2	13	22.8	-2.8	11	29.7	-4.7

#### Análisis de reemplazo

El índice de tamaño de *Opuntia rileyi* fue  $LT = 0.82 LEP + 35NR$ ,  $r^2 = 0.95$  y el de *Opuntia spraguei*:  $LT = 0.67LEP + 29NR$ ,  $r^2 = 0.97$ ; los coeficientes de regresión de ambos modelos difieren significativamente de cero (t de Student,  $P < 0.05$ ).

De las cuatro especies de *Platyopuntia* se seleccionó a cinco pares asociados a nodrizas: *Opuntia rileyi*-*Agave angustifolia*, *Opuntia rileyi*-*Bursera laxiflora*, *Opuntia rileyi*-*Desmanthus covillei*, *Opuntia rileyi*-*Euphorbia californica* y *Opuntia spraguei*-*Euphorbia californica* (Cuadro 3). El número de casos en otros pares asociados fue muy reducido para someterse al análisis estadístico. Los valores de G para modelos de independencia log-lineales de dos factores resultaron no significativos ( $P > 0.05$ ).



El análisis de varianza de dos vías para el porcentaje de área basal muerta en *Desmanthus covillei* var. *covillei* reveló que esta variable tiene relación significativa con el tamaño o edad del arbusto (F=2.64, P=0.05), pero no con la presencia de *Opuntia* (F=0.21, P=0.65) ni con la interacción entre su presencia y el tamaño del arbusto (F 0.19, P=0.9; datos no mostrados). Estos resultados confirman que no existe evidencia de reemplazo de los arbustos por parte de *Platyopuntia*.

Cuadro 3. Pruebas G de independencia entre categorías de tamaño de *Platyopuntia* y condición asociada no asociada con arbustos.

Condición	Categorías de tamaños (m) de <i>O. rileyi</i>				G	P
	0-1	1-2	2-3	>3		
No asociados	18	33	8	4		
Asociados con:						
<i>Agave angustifolia</i>	9	39	12	1	6.26	0.0997
<i>Bursera laxiflora</i>	16	53	19	4	3.97	0.2649
<i>Desmanthus covillei</i>	39	86	12	1	6.44	0.0922
<i>Euphorbia californica</i>	16	52	5	1	6.14	0.1049
	<i>Categorías de tamaños (m) de O.</i>				<i>G</i>	<i>P</i>
No asociados	4	7	1	0		
Asociados con:						
<i>Euphorbia californica</i>	22	14	1	0	3.10	0.2122

#### *Relación con las variables del medio*

Los análisis de muestras de suelo revelaron que los niveles de materia orgánica y nitrógeno son de 7.34 y 0.37 por ciento bajo el follaje de leguminosas y de 6 y 0.3 bajo el follaje de no leguminosas (datos no mostrados). Las diferencias entre éstas, como en el resto de variables edáficas, no son significativas (aproximación normal de la Suma de Rangos de Wilcoxon, P>0.05). Estos resultados concuerdan con los

obtenidos en otros desiertos (García-Moya y McKell, 1970; Barth y Klemmedson. 1978; Virginia y Jarrell, 1983).

En el Cuadro 4 se presentan los valores promedio  $\pm$  error estándar de las variables analizadas para ambas condiciones. Los valores Z corresponden a una aproximación a la distribución normal estándar del estadístico Suma de Rangos de Wilcoxon bajo la hipótesis  $H_0: \mu_1 = \mu_2$  con muestras independientes.

Cuadro 4, Variables edáficas bajo arbustos y a cielo abierto (media  $\pm$  I error estándar . Los valores de Z son una aproximación normal de la Suma de Rangos de Wilcoxon para  $H_0$ : las medias son iguales.  $N_1$  y  $N_2$  son los tamaños de muestra. Temperatura:  $N_1=26$  y  $N_2=13$ ; profundidad y humedad de suelo:  $N_1=15$ ,  $N_2=15$ ; condensación de rocío:  $N_1=10$  y  $N_2=14$ ; condensación de neblina:  $N_1=12$  y  $N_2=12$ ; en el resto de variables  $N_1=20$  y  $N_2=12$ .

Variables	Medias		Valores de Z	I'
	Bajo arbustos ( $N_1$ )	A ciclo abierto ( $N_2$ )		
Profundidad de suelo (cm)	15,73 $\pm$ 1.60	11,67 $\pm$ 1.50	1.74	0.080
Temperatura superficial (°C)	32.88 $\pm$ 0.33	45.15 $\pm$ 2.35	-3.91	0.000
Humedad edáfica (%)	17.70	8.20 $\pm$ 0.90	4.36	0.000
Arena (%)	22.30 $\pm$ 1,67	16.50 $\pm$ 1.18	2.41	0.020
Limo (%)	36.35 $\pm$ 1.99	43.83 $\pm$ 1.31	-2.64	0.010
Arcilla (%)	41.90 $\pm$ 1.42	39.92 $\pm$ 1.53	0.92	0.360
Materia orgánica (%)	6.66 $\pm$ 0.57	2.76 $\pm$ 0.21	4.25	0.000
Nitrógeno total (%)	0.33 $\pm$ 0.03	0.14 $\pm$ 0.01	4.25	0.000
Fósforo soluble (ppm)	11.00 $\pm$ 1.52	12.58 $\pm$ 1.95	-0.84	0.400
Potasio asimilable (mcg/100g)	0.56 $\pm$ 0.03	0.47 $\pm$ 0,02	2.25	0,020
pH	5.95 $\pm$ 0.12	5.87 $\pm$ 0.15	0.41	0.680
Conductividad eléctrica (mmhos/etu)	0.20 $\pm$ 0.01	0.18 $\pm$ 0.01	0.77	0.440
Rocío (g)	0.68 $\pm$ 0.19	3.07 $\pm$ 0,09	-4.07	0,000
Neblina (g)	0.05 $\pm$ 0.03	1.12 $\pm$ 0.21	-3.99	0.000

Los valores medios de temperatura a pleno sol y bajo la sombra de los arbustos son significativamente diferentes ( $Z=-3.91$ ,  $P<0.001$ ). La temperatura media del 29 de agosto\_ de 0600 - 1800 h, fue de  $45.4 \pm 2.4^\circ\text{C}$

al sol y de  $32.9 \pm 0.3^\circ\text{C}$  a la sombra de arbustos; la máxima alcanzó los  $56^\circ\text{C}$  y  $36.5^\circ\text{C}$ , respectivamente (Figura 1). La diferencia mayor ocurre a las 1300 h:  $19^\circ\text{C}$  en relación a *H. brasiletto* y  $22^\circ\text{C}$  en relación a *E. californica*.

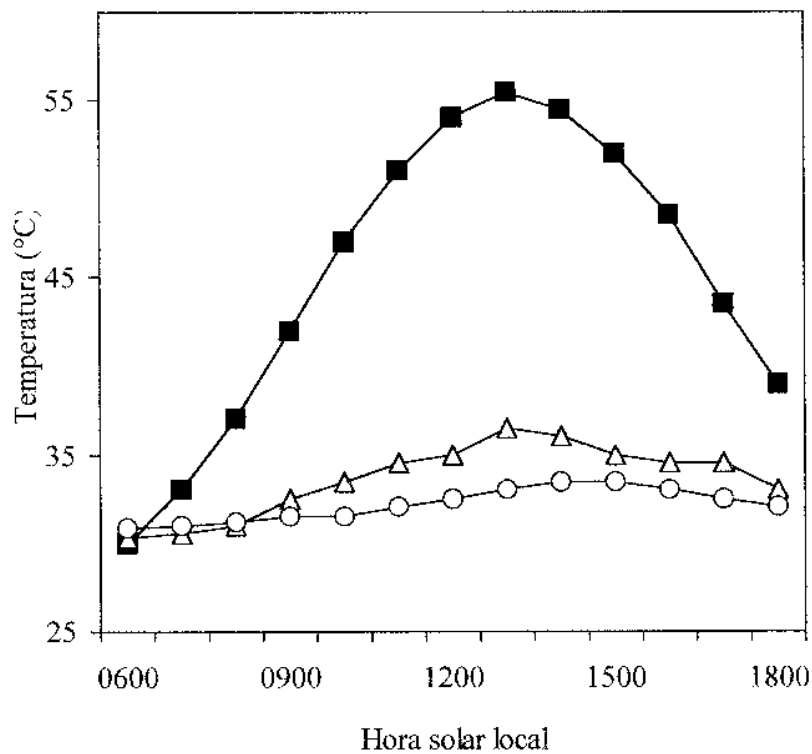


Figura 1. Temperatura superficial del suelo bajo el "Brasil Haematoxylon *brasiletto* (Ls), el " Zipelui" *Euphorbia californica* var. *californica* (0) y en espacio abierto ( ).

La profundidad del suelo es mayor bajo los arbustos (15.7 cm) que a cielo abierto (11.7 cm), pero la diferencia no es significativa ( $Z=1.74$ ,  $P=0.08$ ).

Los suelos más profundos localizados bajo los arbustos, por lo general, captan más agua y están más protegidos de la evaporación. La humedad registrada tres días después de una lluvia de 19 mm fue el doble (17.7 %) de la que se registró a cielo abierto (8.2 %) ( $Z=4.36$ ,  $P<0.01$ ). Esta diferencia puede tener importancia biológica para las *Platyopuntia* que crecen masivamente a la sombra de los arbustos.

Las cactáceas de la isla Mazocahui 1, a diferencia de las del Desierto Sonorense, crecen en suelos arcillosos o franco-arcillosos, con 40-42 por ciento de arcilla y 36-44 por ciento de limo; la proporción de arena apenas es 16-22 por ciento, mientras que en Agave Hill California la fracción de arena representa el 77 por ciento (Nobel, 1977); el suelo bajo los arbustos de la isla Mazocahui es más arenoso y tiene menos proporción de limo que a cielo abierto ( $P < 0.05$ ), mientras que la proporción de arcilla es similar en ambas condiciones. La "preferencia" por suelos arenosos que se atribuye a las cactáceas (Cannon, 1916; Nobel, 1988) no es evidente en el desierto costero.

Los porcentajes de materia orgánica y nitrógeno son significativamente mayores bajo el dosel de arbustos ( $6.7 \pm 0.6$  % y  $0.33 \pm 0.03$  %) que en espacios abiertos ( $2.8 \pm 0.2$  % y  $0.14 \pm 0.01$  %), también el potasio asimilable  $0.56 \pm 0.03$  vs  $0.47 \pm 0.02$  meq/100 g ( $P < 0.05$ ). Igual que en otros medios desérticos, el fósforo escasea aún bajo los arbustos (Nobel, 1989) y no difiere significativamente del que se registra a pleno sol ( $12.6 \pm 2.0$  vs  $11.0 \pm 1.5$  ppm,  $P > 0.05$ ).

La acidez del suelo bajo los arbustos ( $\text{pH} = 5.95 \pm 0.12$ ) no difiere de la registrada a cielo abierto ( $\text{pH} = 5.87 \pm 0.15$ ). Los efectos limitativos se han observado en valores pH de 5.0, los cuales reducen el crecimiento de tallos y raíces de *Agave deserti* 88 y 86 por ciento respecto al que se tiene en pH de 6-8 (Nobel y Hartsock, 1986).

La salinidad tampoco parece un factor importante para las cactáceas de la isla Mazocahui, ya que se observan valores de conductividad eléctrica relativamente bajos:  $0.20 \pm 0.01$  mmhos/cm bajo arbustos y  $0.18 \pm 0.01$  mmhos/cm en los espacios abiertos del matorral ( $Z = 0.77$ ,  $P = 0.44$ ). La concentración de sales equivalente es de 128 y 115 ppm ( $\text{ppm} = 640 \times \text{CE}$ ) y es significativamente menor que la registrada por Sánchez y Nolasco (com. pers.) en un área que tiene una población de *E. sciurus* cinco veces mayor que la nuestra. En *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. se observa una reducción del 50 por ciento en el crecimiento del tallo cuando se tienen concentraciones de 70 mM NaCl (=4091 ppm NaCl) (Nobel, 1988).

La cantidad de agua colectada por una noche en los discos de papel Whatman de  $95 \text{ cm}^2$  fue de  $0.68 \pm 0.19$  g bajo los arbustos y  $3.07 \pm 0.09$  g a cielo abierto ( $Z = -4.07$ ,  $P < 0.001$ ).

El agua acumulada en los neblinómetros por 20 días promedió  $0.05 \pm 0.03$  g bajo arbustos y  $1.12 \pm 0.21$  g en espacios abiertos ( $Z = -3.99$ ,  $P < 0.001$ ). La evaporación en una botella control con 10 g de agua colocada a

cielo abierto fue de 3.4 g para el mismo periodo, lo cual indica que la cantidad de neblina está subestimada y el agua colectada es sólo el remanente de las últimas neblinas del periodo de medición. El neblinómetro propuesto debería readecuarse para obtener registros más precisos.

#### Discusión

La distribución espacial de las cactáceas de Topolobampo, excepto *Platyopuntia*, difiere del patrón asociado con arbustos que ocurre en otros medios secos y semisecos (Niering et al., 1963; Turner et al., 1966, 1969; Yeaton et al., 1977; Yeaton et al., 1983; McAuliffe, 1984; Nobel, 1989; Franco y Nobel, 1989; Cody, 1993; Valiente-Banuet et al., 1991a,b; Valiente-Banuet y Ecurra, 1991; Arriaga et al., 1993).

Las *Platyopuntia* de la isla Mazocahui están asociadas con siete de las veintiocho especies arbustivas del área y su frecuencia no es proporcional a la cobertura de los arbustos: la densidad de individuos es mayor bajo leguminosas que bajo no leguminosas ( $G=33.5$ ,  $P<0.001$ , 1 g. l.). Nosotros investigamos los patrones espaciales de fertilidad y encontramos que ésta no difiere significativamente en muestras de suelo bajo leguminosas y no leguminosas. Ya que el nodrizaje de no leguminosas es menos efectivo y pudiera indicar alguna relación biótica específica (v. gr, aleopatía, Callaway 1995), la distribución no proporcional de *Platyopuntia* debería ser considerada en futuros trabajos.

Existen pocos trabajos sobre la relación de cactus de tallos aplanados con nodrizas, entre los que localizamos el de Yeaton et al. (1983) sobre la distribución de *Opuntia littoralis* (Engelm.) Cockerell en el sur de California, y el de Yeaton y Romero-Manzanares (1986), referente a la distribución espacial de tres *Platyopuntia* del Altiplano Mexicano y el virtual reemplazo de *Acacia schaffneri* (S. Watson) F. J. Herm por *Opuntia streptacantha* Lem.

El reemplazo de *Acacia schaffneri* hipotéticamente es mecánico, porque la cactácea abre el follaje del arbusto y expone las ramas interiores a la desecación (Yeaton y Romero-Manzanares, 1986). En el desierto costero de Topolobampo no se encontró evidencia del reemplazo de arbustos por *Opuntia rileyi* y *O. spraguei*. El área basal muerta en arbustos de *Desmanthus* se relacionó significativamente con su propio tamaño ( $F=2.64$ ,  $P=0.05$ ), pero no con la presencia o ausencia de *O. rileyi* ( $F=0.21$ ,  $P=0.65$ ), ni con la interacción ( $F=0.19$ ,  $P<0.0$ ). Los valores G para modelos de independencia log-lineales de dos factores resultaron no significativos en ambas especies. Nosotros sugerimos que el vigor de *Platyopuntia* disminuye periódicamente a consecuencia

del daño mecánico de ciclones que afectan la región costera de Sinaloa, con ello se reduce la competencia con *Desmanthus* y otras nodrizas. Los tallos de *Opuntia* asociados con los arbustos generalmente son decumbentes, caen con cierta facilidad y contribuyen a su propagación. Los artículos expuestos al sol y a las altas temperaturas del suelo no logran arraigar antes de deshidratarse y morir, mientras que aquellos que caen a la sombra de otra planta dan origen a nuevos individuos. Alternativamente, es posible que no haya traslapo de raíces entre *Opuntia* y sus nodrizas y esto facilite su coexistencia (Yeaton y Cody, 1976; Briones *et al.*, 1996).

Un gran porcentaje de los nopales (74-91 %) crece a la sombra de los arbustos en la isla Mazocahui. Los individuos en espacios abiertos del matorral son escasos, su desarrollo es raquítico, hay evidencia de tejidos muertos y con frecuencia se encuentran artículos y ramas secas en el suelo (observaciones personales). Esto sugiere que la orientación de artículos este-oeste o en otro acimut (Nobel, 1980, 1981, 1982) no es eficaz para la supervivencia de estos nopales a pleno sol. Suponemos que la radiación solar directa, así como la temperatura del suelo, que alcanzó una máxima de 56°C a finales de agosto, pueden ser críticas para su establecimiento en los espacios abiertos. Las células de clorénquima en *Opuntia basilaris* Engelm. y Bigelow y *O. clorótica* Engelm. y Bigelow, aclimatadas a 40/30°C día/noche, se inhiben 50 por ciento a temperaturas de 57.3 y 56.7 °C, respectivamente (Smith *et al.*, 1984). Además, la relación área/volumen de artículos aplanados es más grande que en tallos globosos y cilíndricos, por lo que se calientan más rápidamente bajo radiación directa y tienen mayores pérdidas de agua por unidad de volumen de tejido (Hadley, 1972; Gibbs y Patten, 1970). Yeaton (1983) observó que los individuos del nopal costero *Opuntia basilaris* que crecen a la sombra de arbustos tienen 92 por ciento de artículos vivos, mientras al sol tienen 75 por ciento, lo que hace suponer que el vigor esté condicionado por efectos microclimáticos.

La materia orgánica y los nutrimentos, principalmente el nitrógeno, suelen ser escasos en los desiertos (García-Moya y McKell, 1970; Noy-Meir, 1973; Charley y West, 1975). En Topolobampo, los arbustos crassicaules y las leguminosas contribuyen con hojarasca que se acumula bajo el dosel. El nitrógeno bajo los arbustos de la isla Mazocahui alcanzó  $0.33 \pm 0.03$  por ciento (=3300 ppm), cantidad significativamente mayor ( $Z=4.25$ ,  $P<0.001$ ) que el  $0.14 \pm 0.01$  por ciento (=1400 ppm) registrado en sitios abiertos. De manera similar, hay  $0.56 \pm 0.03$  meq/100 g (=219 ppm) y  $0.47 \pm 0.02$  meq/100 g (=184 ppm) de K, respectivamente ( $Z=2.25$ ,  $P=0.02$ ). El concepto de "islas de fertilidad" (García-Moya y McKell, 1970) es aplicable al matorral costero de Topolobampo, pero este es más fértil que otros desiertos interiores. En Agave Hill California, Nobel (1989)

registró 580 ppm de N, 18 ppm de P y 170 ppm de K bajo los arbustos. Las suculentas de crecimiento rápido como *Platyopuntia* pueden responder con aumentos de materia seca hasta niveles de 0.30 por ciento de N en el suelo (Nobel, 1987): *Opuntia phaeacantha* Engelm. y *O. rastrera* F. A. C. Weber incrementaron su peso seco en 20 veces al aumentar el N de 0.05 por ciento a 0.30 por ciento en el suelo. La respuesta es menor ante incrementos de fósforo o potasio. En 1.5 años, *O. phaeacantha* aumentó 0.71 kg/planta cuando el suelo tenía 23 ppm de P, 0.96 kg/planta con la adición de 2 g/m<sup>2</sup> de P y 1.05 kg/planta con la adición de 8 g/m<sup>2</sup>. El peso seco de tallos de *Carnegiea gigantea* (Engelm.) Britt. y Rose, *Ferocactus acanthodes* (Lem aire) Britt. y Rose y *Trichocereus chilensis* (Colla) Britt. y Rose sólo aumentó 10 por ciento cuando el potasio se incrementó de 0.1 mM (=3.9 ppm) a 10 mM (=390 ppm).

A diferencia de las *Platyopuntia*, 60 por ciento de individuos de la globosa *E. sciurus*, 70 por ciento y 80 por ciento de las *Cylindropuntia* *O. burrageana* y *O. fingida*, y 80 por ciento de la columnar *S. thurberi*, se encuentran en espacios abiertos del matorral, porcentajes mayores de los que cabría esperar si se distribuyeran al azar (45.6 %). Las globosas *M. dioica* y *M. mazatlanensis* (40 % y 50 %) no difieren porcentualmente de lo esperado. Nosotros sugerimos que la alta proporción de individuos que crecen alejados de arbustos no significa, necesariamente, que no requieran sombreo; en su distribución pudieran estar implicados una combinación de adaptaciones morfológicas y fisiológicas con las condiciones físicas y biológicas del desierto costero, incluido el sombreo de arbustos y piedras.

El tamaño, la orientación del tallo, la cobertura de espinas y las costillas pueden reducir los extremos de temperatura en los tejidos regulando los intercambios de energía con el medio (Hadley, 1972; Nobel, 1978). En *Mammillaria dioica*, las espinas densas mantienen la temperatura del tallo 5°C abajo de la que alcanzarían en ausencia simulada de espinas (Nobel, 1978). Las cactáceas globosas gigantes son las más tolerantes al calor, le siguen las columnares, las globosas pequeñas, las *Platyopuntia* y las *Cylindropuntia* (Smith *et al.*, 1984). Puesto que la disipación convectiva de calor depende de la raíz cuadrada del diámetro de cilindros y esferas (Nobel, 1974), los tallos cilíndricos delgados más sensibles al calor lo disipan con el simple paso del aire y evitan así los daños del calor excesivo. Por ejemplo, los artículos cilíndricos de *Opuntia parryi* Engelm. alcanzan máximas de 32°C cuando el aire alcanza 44°C, mientras los tejidos de la *Platyopuntia O. littoralis* alcanzan 40°C (Yeaton *et al.*, 1983).

*Echinocereus engelmannii* (Parry ex Engelm.) Rümpler y *Mammillaria microcarpa* Engelm. crecen bajo los artículos espinosos desprendidos de *Opuntia fulgida* en el Desierto Sonorense de Arizona (McAuliffe, 1984b). En California, los individuos de *Mammillaria dioica* crecen bajo arbustos para protegerse de roedores del género *Lepus* (Cody, 1993). Por el contrario, *Mammillaria gaumeri* Orcutt se distribuye aleatoriamente a la sombra de arbustos y en espacios abiertos de la costa de Yucatán, donde el apacentamiento no es significativo (Leirana-Alcocer y Parra-Tabla, 1999). Sin embargo, la supervivencia de plántulas introducidas resultó mayor bajo los arbustos, lo que indica que sus requerimientos pueden diferir de los que tienen las plantas adultas. La *columnar Stenocereus thurberi* crece asociada con árboles del bosque tropical caducifolio en Baja California Sur, donde las temperaturas diurnas máximas a pleno sol están 24°C arriba de las registradas a la sombra de sus nodrizas (Arriaga *et al.*, 1993). Así, nosotros planteamos que *M dioica*, *M mazatlanensis*, *E. sciurus* var. *floresii* y *S. thurberi* var. *thurberi* ocupan espacios sombreados para protegerse de la radiación solar, más que de los herbívoros. En el matorral desértico de la isla Mazocahui no hay señales visibles de consumo de artículos y tallos de las cactáceas; la presión del apacentamiento sobre sus poblaciones podría ser tan baja en espacios abiertos que permite el establecimiento de un gran porcentaje de individuos bajo estas condiciones. La abundancia de piedras grandes que cubren ea. 50 por ciento del suelo protegen a las cactáceas de la isla por lo menos durante la fase de plántula sin interferir considerablemente con las necesidades de radiación de la fase adulta, un problema planteado por *Mammillaria gaumeri* en la costa de Yucatán (Leirana-Alcocer y ParraTabla, 1999). Las temperaturas superficiales del suelo en áreas no cubiertas por los arbustos (45°C), son significativamente más altas que las registradas bajo el follaje (32.9°C, Cuadro 4). La temperatura máxima de 56°C en suelo desnudo es 19°C mayor que la registrada bajo *H. brasiletto* y 22°C mayor que bajo *E. californica*. Esta temperatura es muy cercana al nivel de inhibición de células corticales de la raíz en *F. acanthodes* (57°C) causada por la degradación del tonoplasto (Jordan y Nobel, 1984). Las temperaturas del suelo podrían ser atenuadas por las piedras si las cactáceas crecen lo suficientemente cerca de ellas para sombrear la base del tallo y cubrir sus raíces. Nosotros constatamos que la mayoría de individuos (excepto los de *Cylindropuntia*) tienen distancias < 1 cm respecto a las piedras y, al menos las raíces de *E. Sciurus* son visibles inmediatamente debajo de éstas (observaciones personales).

Las *Cylindropuntia* *Opuntia echinocarpa* Engelm. y Bigelow, *Opuntia acanthocarpa* Engelm. y Bigelow y *Opuntia ramosissima* Engelm. ocurren en asociación con diferentes nodrizas del Desierto de Mojave, entre



ellas *Hilaria rigida* (Thurb.) Benth, ex Scribn. y algunos arbustos espinosos. Las chollas pueden germinar en claros del matorral, pero son relativamente escasas porque sufren altas tasas de apacentamiento por roedores (Cody, 1993). Casos en los que *Cylindropuntia* no coexiste con nodrizas potenciales son resultado de competencia: en el Desierto de Mojave *Opuntia acanthocarpa* compete con la "palma" *Yucca schidigara* Roetzl ex Ortgies y con individuos de *Opuntia ramosissima*, otra *Cylindropuntia* de artículos delgados (Yeaton y Cody, 1976); *Opuntia fulgida* compete con *Larrea tridentata* Sessé y Moc. ex DC. y *Fouquieria splendens* Engelm. en el Desierto de Arizona, consecuentemente los individuos más robustos de *O. Fulgida* se encuentran a mayor distancia de sus competidoras (Yeaton *et al.*, 1977). En todos los casos la competencia está determinada por el traslapo de los sistemas radicales de las especies. En la isla Mazocahui, *O. Burrageana* y *O. Fulgida* ocupan espacios abiertos del matorral donde podrían evadir la competencia con otros arbustos (Yeaton y Cody, 1976; Yeaton *at al.*, 1977). Suponemos que las presiones de apacentamiento son más bajas en la isla que en el desierto de Mojave, donde las *Cylindropuntia* se ocultan o protegen de los roedores. No hay piedras en los micrositos ocupados por este grupo; su alta capacidad de convección de calor y su propagación por artículos desprendidos (visible en *D. Fulgida*) podrían ser clave para explicar su establecimiento en espacios abiertos.

Es poco probable que cantidades de rocío y neblina tan pequeñas como  $3.07 \text{ g/95 cm}^2$  (equivalente a 0.32 mm de lluvia) puedan traducirse en un aumento del potencial de agua de las cactáceas antes de evaporarse en horas de la mañana. Según Hadley (1970), hay consenso en que el efecto benéfico del rocío debe atribuirse a la presencia de agua líquida sobre las superficies fotosintéticas, pues reduce la transpiración y crea un medio más húmedo para el crecimiento. Esto parece más efectivo en las cactáceas del desierto costero porque el intercambio gaseoso se efectúa en horas nocturnas, durante las cuales se alcanza el punto de rocío y ocurren los eventos de neblina. Los arbustos interfieren también con lluvias ligeras: un matorral de *Larrea con una* cobertura de 30 por ciento puede retener hasta 3.6 mm de lluvia en el follaje (Tromble, 1988). Las cactáceas globosas de la isla crecen bajo arbustos individuales aislados en el matorral abierto, pero no se observan individuos bajo el matorral denso.

El aporte de agua por el rocío, la neblina y lluvias ligeras, también deberá considerarse en los procesos de hidratación discontinua de semillas de las cactáceas en claros del matorral: las semillas de *Stenocereus thurberi*, *Pachycereus pecten-aboriginum* y *Ferocactus peninsulae* (Engelm ex Weber) Britt. y Rose, tratadas

con hidratación discontinua y periodos de deshidratación variables, un fenómeno común en los desiertos, reducen su tiempo medio de germinación. Además, las plántulas acumulan más biomasa y tienen mayor supervivencia que cuando no son tratadas (Dubrovsky, 1996).

En conclusión, la distribución de las *Platyopuntia* del desierto costero de Topolobampo sigue un patrón asociado a arbustos, lo cual correlaciona con temperaturas superficiales del suelo menos extremas y alta fertilidad. No se encontró evidencia de reemplazo de los arbustos y quizá los ciclones que afectan la costa de Sinaloa ejerzan control sobre este fenómeno y sobre la estructura de la comunidad. La distribución de

*Echinocereus sciurus* var. *floresii*, *Mammillaria dioica*, *Mammillaria mazatlanensis* y *Stenocereus thurberi* var. *thurberi* difiere del patrón observado en cactáceas de otros desiertos interiores. Nosotros planteamos que las condiciones físicas y bióticas de la isla Mazocahui son menos restrictivas y favorecen su establecimiento en espacios abiertos; las piedras abundantes en el matorral abierto pueden reemplazar el sombreado de arbustos sin interferir con las necesidades de radiación de plantas adultas ni con el agua proveniente del rocío y la neblina. La ocupación de espacios abiertos no pedregosos por *Cylindropuntia* podría ser el resultado de adaptaciones morfológicas y propagación vegetativa con baja competencia. De cualquier manera, la ocupación de los espacios abiertos podría estar facilitada por bajas presiones de apacentamiento.

Este trabajo fue financiado por CONABIO bajo el convenio F13639/R217/98.

#### Literatura citada

- Agresti, A. 1990. Categorical data analysis. John Wiley & Sons. 558 p.
- Arriaga, L.; Maya, Y.; Diaz, S. y J. Cancino, 1993. Association between cacti and nurse perennials in a heterogeneous tropical dry forest in northwestern Mexico. *J. Veg. Sci.* 4: 349-356.
- Barb, R. C. y J. L. Klemmedson. 1978. Shrub-induced spatial patterns of dry matter, nitrogen, and organic carbon. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42: 804-809.
- Black, C. A.; D. D. Evans, J. L. White, L. E. Ensminger y F. E. Clark. 1965. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. *Agronomy No. 9.* Amer. Soc. Agron. and Amer. Soc. Testing Matter. Madison, Wis.
- Briones, O.; C. Montaña y E. Ezcurra. 1996. Competition between three Chihuahuan Desert species; evidence from plant size-distance relations and root distribution. *J. Veg. Sci.* 7: 453-460.
- Cajuste, L. 1977. Química de suelos con un enfoque agrícola. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 278 p.
- Canon, W. A. 1916. Distribution of the cacti with especial reference to the role played by the root response to soil temperature and soil moisture. *The American Naturalist* 50: 435-442.
- Callaway, R. M., 1995. Positive Interactions among Plants. *The Botanical Review* 61: 306-349.
- Cody, M. L. 1993. Do cholla cacti (*Opuntia* spp., subgenus *Cylindropuntia*) use or need nurse plants in the *Mojave* Desert. *J. Arid Environments* 24: 139-154.
- Charley, J. L. y N. E. West, 1975. Plant-induced soil chemical patterns in some shrub-dominated semi-desert ecosystems of Utah. *Ecology* 63: 945-963.
- Dubrovsky, J. Ci. 1996. Seed hydration memory in Sonoran Desert cacti and its ecological implication. *Amer. J. Bot* 83: 624-632.
- Fowler, N. 1986. The role of competition in plant communities in arid and semiarid regions. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 17: 891-910.
- Franco, A. C. y P. S. Nobel, 1989. Effect of nurse plants on the microhabitat and growth of cacti. *Journal of Ecology*

77: 870-886.

- García, E. 1964. Modificaciones al *sistema de* clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones particulares de la República Mexicana). Instituto de Geografía, UNAM. México, D. F. 246 p.
- García-Moya, E. y C. M. McKell, 1970. Contribution of shrubs to the nitrogen economy of a desert-wash plant community. *J. Ecol.* 51: 81-88.
- Gibbs, J. G. y D. T. Patten. 1970. Plant temperatures and heat flux in a Sonoran Desert ecosystem. *Oecologia* 5: 165-184.
- Hadley, N. F. 1972. Desert species and adaptation. *American scientist* 60: 338-347.
- Jordan, P. W. y P. S. Nobel. 1984. Thermal and water relations of roots of desert succulents. *Annals of Botany* 54: 705-717.
- Larmuth, J. y H. J. Harvey, 1978. Aspects of the occurrence of desert plants. *Journal of Arid Environments* 1: 129-133.
- Leirana-Alcocer, J. y V. Parra-Tabla. 1999. Factors affecting the distribution, abundance and seedling survival of *Mammillaria gaumeri*, an endemic cacti of coastal Yucatan, Mexico. *J. Arid Environments* 41: 421-428.
- López-Ramos, E. 1981. *Geología de México*. Vol. III. 2ª Ed. México, D. F.
- McAuliffe, J. R., 1984 a. Sahuaro-nurse tree associations in the Sonoran Desert: competitive effects of sahuaros. *Oecologia (Berlin)* 64: 319-321.
- McAuliffe, J. R., 1984b. Prey refugia and the distributions of two Sonoran Desert cacti. *Oecologia (Berlin)* 65: 82-85.
- Niering, W. A.; Whittaker, R. H. y C. H. Lowe, 1963. The Saguaro: a Population in Relation to Environment. *Science* 142: 15-23.
- Nobel, P. S. 1977. Water relations and photosynthesis of a barrel cactus, *Ferocactus acanthodes*, in the Colorado Desert. *Oecologia* 27: 117-133.
- Nobel, P. S. 1978. Surface temperatures of cacti-influences of environmental and morphological factors. *Ecology* 59: 986-996.
- Nobel, P. S. 1980. Morphology, surface temperatures, and northern limits of columnar cacti in the Sonoran Desert. *Ecology* 61: 1-7.
- Nobel, P. S. 1981. Influence of photosynthetically active radiation on cladode orientation, stem tilting, and height of cacti. *Ecology* 62: 982-990.
- Nobel, P. S. 1982. Orientation of terminal cladodes of platyopuntias. *Botanical Gazette* 143: 219-224.
- Nobel, P. S. 1987. Water relations and plant size aspects of flowering for *Agave deserti*. *Bot. Gaz.* 148: 79-84.
- Nobel, P. S. 1988. *Environmental Biology of Agaves and Cacti*. Cambridge University Press, New York, 270 p.
- Nobel, P. S. 1989. Temperature, water availability, and nutrient levels at various soil depths-consequences for shallow rooted desert succulents, including nurse plant effects. *Amer. J. Bot.* 76: 1486-1492.
- Nobel, P. S. y T. L. Hartsock. 1986. Influence of nitrogen and other nutrients on the growth of *Agave deserti*. *Journal of Plant Nutrition* 9: 1273-1288.
- Noy-Meir, I. 1973. Desert ecosystems: environment and producers. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 4: 25-51.
- Olsen, S. R. y L. A. Dean. 1965. Phosphorus. In: C. A. Black et al. (eds.) *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties*. *Agronomy* 9: 1035-1049. Amer. Soc. Agron. and Amer. Soc. Testing Matter. Madison, Wis.
- Pallen, D. T. 1978. Productivity and production efficiency of an upper sonoran desert ephemeral community. *Am. J. Bot.* 65: 891-895.
- Phleger, F. B. y A. Ayala-Castañares. 1969. Marine geology of Topolobampo lagoons, Sinaloa, Mexico. *Mem. Simp. Intern. Lagunas Costeras*. UNAM-UNESCO. Nov. 28-30, 1967. México, D. F., Pp. 101-136.
- Preciado García, M. E. 1994. Determinación y descripción de las cactáceas de las islas de la Bahía de Ohuira, Topolobampo, norte de Sinaloa. Tesis de licenciatura. I.T.L.M. Los Mochis, Sinaloa. 105 p.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. LIMUSA, México, D. F. 432 p.
- Schemenauer, R. S. y P. Cereceda. 1991. Fog-water collection in arid coastal locations. *Ambio* 20: 303-308.
- Smith, S. D.; B. Didden-Zopf y P. S. Nobel. 1984. High-temperature response of North American cacti. *Ecology* 65: 643-651.

- Smith, S. D.; Patten, D. T. y R. K. Monson. 1987. Effects of artificially imposed shade on a Sonoran Desert ecosystem: microclimate and vegetation. *J. Arid Environ.* 13: 65-85.
- Sokal, R. R. y F. J. Rohlf 1981. *Biometría*. H. Blume Ediciones. Madrid, España. 831 p.
- Steenbergh, W. F. y C. H. Lowe, 1969. Critical factors during the first years of life of the saguaro (*Cereus giganteus*) at Saguaro National Monument, Arizona. *Ecology* 50: 825-834.
- Suzán, H; Habhan, G. P. y D. T. Patten, 1996. The importance of *Olinya tesota* as a nurse plant in the Sonoran Desert. *J. Veg. Sci.* 7: 635-644.
- Tromble, J. M. 1988. Water interception by two arid lands shrubs. *J. Arid Environments* 15: 65-70.
- Turner, R. M.; Alcorn, S. M.; Olin, G. y J. A. Booth. 1966. The influence of shade, soil, and water on saguaro seedling establishment. *Bot. Gaz.* 127: 95-102.
- Turner, R. M.; Alcorn, S. M.; y G. Olin. 1969. Mortality of transplanted saguaro seedlings. *Ecology* 50: 835-844.
- Valiente-Banuet, A y E. Ezcurra. 1991. Shade as a cause of the association between the cactus *Neobuxbaumia fetes:o* and the nurse plant *Mimosa luisana* in the Tehuacán Valley, Mexico. *Journal of Ecology* 79: 961-971.
- Valiente-Banuet, A.; Vile, F. y J. A. Zavala-Hurtado. 1991. Interaction between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse shrub *Mimosa luisana*. *J. Veg. Sci.* 2: 11-14.
- Valiente-Banuet, A; Bolongaro-Crevenna, A.; Briones, O.; Ezcurra, E.; Rosas, M.; Nuñez, H.; Barnard, G. y E. Vazquez. 1991. Spatial relationships between cacti and nurse shrubs in a semi-arid environment in central Mexico. *Journal of Vegetation Science* 2: 15-20.
- Vandermeer, J. 1980. Saguars and nurse trees: A new hypothesis to account for population fluctuations. *Southwestern Naturalist* 25: 357-360.
- Vetaas, O. R. 1992. Gradients in field-layer vegetation on an arid misty mountain plateau in the Sudan. *J. Veg. Sci.* 3: 527-534
- Virginia, R. A. y W. M. Jarrell. 1983. Soil properties in a mesquite-dominated Sonoran Desert ecosystem. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47: 138-144.
- Vogelmann, H. W. 1973. Fog precipitation in the cloud forests of eastern Mexico. *BioScience* 23: 96-100.
- Yealon, R. I. y M. L. Cody. 1976. Competition in plant communities: the Northern Mojave Desert. *J. Ecol.* 64: 689-696.
- Yeaton, R. I.; J. Travis y E. Gilinsky. 1977. Competition and spacing in plant communities; the Arizona upland association. *Journal of Ecology* 65: 587-595.
- Yeaton, R. I. 1978. A cyclical relationship between *Larrea tridentata* and *Opuntia leptocaulis* in the northern Chihuahuan desert. *Journal of Ecology* 66: 651-656.
- Yeaton, R. I.; E. Layendecker, K. S. Sly y R. Eckert. 1983. Microhabitat differences between *Opuntia parryi* and *D. littoralis* (Cactaceae) in the mixed chaparral inland coastal sage association. *The Southwestern Naturalist* 28: 215-220.
- Yeaton, R. I. y A. Romero-Manzanares, 1986. Organization of vegetation mosaics in the *Acacia schaffneri*-*Opuntia streptacantha* association, southern Chihuahuan Desert, Mexico. *Journal of Ecology* 74: 211-217.

**Cactáceas protegidas por piedras en una isla  
del desierto costero de Topolobampo en Sinaloa, México**

Álvaro Reyes-Olivas<sup>1</sup>

*Laboratorio de Botánica, Biología-11 de 0. Apartado Postal 936, 81200 Los Mochis, Sinaloa, México*

**Introducción**

Las fases de germinación y de establecimiento de cactáceas en los desiertos del continente americano pueden ser facilitadas por la presencia de "arbustos nodriza" (Niering *et al.*, 1963, Turner *et al.*, 1969). Bajo ciertas condiciones, las nodrizas potenciales ejercen competencia sobre las cactáceas asociadas y estas ocurren con más frecuencia en espacios abiertos (Yeaton y Cody, 1976; Yeaton *et al.*, 1977; Briones *et al.*, 1996). Las raíces de los arbustos compiten por el agua e interceptan parte de la radiación fotosintéticamente activa que requieren las plántulas, lo cual puede tener *otros efectos que* están mediados por animales (Nobel, 1988; Valiente-Banuet y Ezcurra, 1991). Además, las necesidades de recursos que tienen las plántulas difieren cuantitativamente de las que tienen los adultos, así que la

relación comensal puede estar limitada a las etapas iniciales del crecimiento de la especie beneficiaria y transformarse en competencia cuando ésta adquiere mayor tamaño (Yeaton, 1978; McAuliffe, 1984; Valiente-Banuet *et al.*, 1991; Flores-Martínez *et al.*, 1994).

Los factores que determinan el balance entre la facilitación y la competencia no están suficientemente estudiados. En el modelo conceptual de Bertness y Callaway (1994) se sugiere que los ambientes físicos severos o la alta presión de apacentamiento incrementarían la importancia de la facilitación, en tanto que la reducción del estrés abiótico o la presión de apacentamiento relativamente baja aumentarían la importancia de la competencia. Otros factores que afectan el balance facilitación-competencia son el estado de vida de las *especies* interactuantes, su tamaño, densidad, fisiología y su interacción con otras especies vecinas (Callaway y Walker, 1997).

La vegetación de la región costera del norte de Sinaloa es de transición desierto-bosque espinoso (Shreve, 1934) y tiene un tipo de clima *desértico "mejorado"* (Shreve, 1937), con temperaturas y humedad más favorables que las del Desierto Sonorense. A diferencia de los patrones asociados de cactáceas del Desierto Sonorense, algunas especies del desierto costero en el norte de Sinaloa tienen alta frecuencia de individuos en espacios abiertos del matorral. El dosel de arbustos cubre 54 por ciento del área de estudio en una isla de la Bahía de Ohuira en la sindicatura de Topolobampo (Reyes-Olivas y García-Moya, en publicación). Cuarenta a sesenta por ciento de individuos de las globosas *Echinocereus sciurus* var. *florei* (Backeb.) N. P. Taylor, *Mammillaria dioica* K. Brandege y *M. mazatlanensis* K. Schumann, y ochenta por ciento de los individuos de la columnar *Sienocereus thurberi* (Engelmann) Buxbaum var. *thurberi*, ocupan los espacios abiertos del matorral. Setenta a ochenta por ciento de las *cylindropuntia* *O. burrageana* Britton y Rose y *O. fulgida* Engelmann, ocupan también los claros del matorral pero en substratos menos pedregosos. La cobertura promedio de piedras es aproximadamente de 50 por ciento.

Algunas poblaciones de saguaro, *Carnegiea gigantes* (Engelm.) Britton y Rose, crecen asociadas con piedras en el Desierto Sonorense de Arizona (Steenbergh y Lowe, 1969), y las *plántulas de Neobuxbaumia tetetzo* (Coult.) Backeb. pueden sobrevivir temporalmente cerca de piedras en el Valle de Tehuacán México (Valiente-Banuet y Ecurra, 1991). En estudios previos sobre patrones de arraigamiento en plantas desérticas se ha observado que las raíces crecen más y tienen mayor frecuencia bajo la cara inferior de piedras que lejos de éstas (Hellmers *et al.*, 1955; Nobel, 1978; Evenarí *et al.*, 1971; Nobel *et al.*, 1992).

Las piedras superficiales y afloramientos rocosos afectan el movimiento de calor y agua en el suelo. Actúan como aislante térmico durante el día (Jury y Bellantuoni, 1976a) y ayudan a reducir las temperaturas extremas (Nobel, 1978, Dean y Turner, 1991, Nobel *et al.*, 1992). Los poros no capilares y las sendas tortuosas de escurrimiento propiciadas por piedras aumentan la infiltración *del* agua y reducen la escorrentía (Epstein *et al.*, 1966; Lamb y Chapman, 1943; Agassi y Levy, 1991). En suelo desnudo, la energía cinética de la lluvia *contribuye a sellar los poros del suelo y se incrementa la pérdida de agua por escorrentía* (Agassi y Levy, 1991). El bloqueo de las gotas de lluvia produce acumulamientos de agua en la orilla de las piedras y en su cara inferior (Nobel *et al.*, 1992), mientras el vapor de agua que asciende a la superficie del suelo es bloqueado y condensado en la superficie inferior de las piedras (Jury y Bellantuoni, 1976a,b). La evaporación es menor en comparación con un sitio adyacente sin piedras (Epstein *et al.*, 1966; Lamb y Chapman, 1943).

Debido a los procesos de intemperización y a la incorporación de raíces y restos orgánicas de animales que utilizan las rocas como refugio, los nutrimentos minerales, la materia orgánica y el pH bajo piedras pueden diferir respecto a suelos desnudos (Huey y Porter, 1989; Dean y Turner, 1991; Nobel *et al.*, 1992).

En ambientes costeros secos y semisecos, objetos prominentes como las piedras y los arbustos sirven como colectores de rocío y neblina (Vetaas, 1992; Danin 1999), con lo cual contribuyen en el balance de agua de las plantas.

Nosotros partimos de la hipótesis de Bertness y Callaway (1994) y sugerimos que las piedras podrían ser *parte del mejoramiento físico del desierto* costero que contribuye a que las cactáceas ocupen espacios abiertos del matorral. Con esta hipótesis en mente, conducimos los experimentos necesarios para estudiar su relación con las cactáceas y exploramos variables edáficas como causas potenciales de asociación aparte del sombreado.

## **Materiales y métodos**

### *Área de estudio*

La isla Mazocahui es una de las seis de la Bahía de Ohuira que pertenecen a la reserva ecológica Islas del Mar de Cortés, declarada por el Gobierno Mexicano en 1978. Esta se localiza en el norte del estado de Sinaloa, a 25°34'08" N y 109°00'44" Q, y tiene una elevación de 65 m sobre el nivel del mar.

Las derramas basálticas que *dieron* origen a la isla tuvieron lugar en el Cenozoico Medio (*Phleger y Ayala-Castañares, 1969*) o en el Pleistoceno (López-Ramos, 1981). El suelo formado *in situ* es somero, de textura franco-arcillosa a franco-limosa. Está confinado principalmente a huecos y pequeñas terrazas entre afloramientos rocosos y piedras que cubren más del 50 por ciento del terreno, pero alcanza un espesor hasta de 1.7 cm en áreas de matorral denso. Predominan laderas con pendiente de 20-40 por ciento.

El clima de Topolobampo es desértico BW, precipitación promedio de 240 mm anuales y temperatura de 24°C (García, 1980). Los eventos de neblina y rocío son frecuentes en los meses invernales y contribuyen a mantener comunidades de líquenes costrosos en flancos norte de piedras. Algunos líquenes fruticosos se localizan en piedras más cercanas al mar.

El matorral de la isla Mazocahui es de transición desierto-bosque espinoso (Shreve, 1934, 1937) y tiene alrededor de 100 especies vasculares (observaciones personales), 80 por ciento de ellas compartidas con el Desierto Sonorense. Las cactáceas son la familia botánica con mayor número de especies, pero los arbustos sarcocaulales de *Bursera laxiflora* S. Watson y *Euphorbia californica* Benth. son los dominantes.



### *Métodos de campo*

Cerca de la cima de la isla, a 50 m de elevación, se delimitó un cuadro de muestreo de 30x50 m. El sitio seleccionado está sobre una ladera con pendiente de 20 por ciento, exposición de 40° y cobertura de arbustos cercana al 15 por ciento. Con ayuda de cuerdas y una cinta métrica se fijaron coordenadas aleatorias para localizar 50 puntos dentro del área y se midieron sus distancias a la roca más cercana. Suponemos que esta distancia es la que cabría esperar si las cactáceas se distribuyeran espacialmente al azar, así que registramos también la distancia observada entre individuos de cactáceas y su piedra más próxima para hacer las comparaciones pertinentes. Las mediciones repetidas de una misma roca o planta se descartaron, por lo que resultaron diferentes tamaños de muestra para cada especie.

Con base en la técnica de Canfield (1941), se trazaron tres líneas de 20 m en la parte superior, media e inferior del área de muestreo. A todas las piedras y rocas > 4 cm de alto se les midió su parte interceptada y su tamaño promedio  $((\text{diámetro mayor} + \text{diámetro menor})/2)$ . Se registraron todas las cactáceas no asociadas con arbustos, así como los diámetros mayor y menor de su piedra más próxima (aquella con distancia < 1 cm). Las piedras se agruparon en seis categorías de tamaño- 0-8, 8-16, 16-24, 24-32, 32-40 y >40 cm de diámetro promedio, Las frecuencias de cactáceas de cada especie se relacionaron con dichas categorías.

El acimut del plano lateral de piedras en el cual ocurren las cactáceas asociadas se determinó con un tránsito de bolsillo Brunton para explorar posibles efectos de sombreo. No se consideraron en el análisis aquellos individuos rodeados por dos o más piedras.

Algunas variables físicas y químicas del suelo fueron determinadas en el laboratorio o en el campo bajo un diseño de muestreo aleatorio estratificado, con 13 a 15 repeticiones por estrato.

Un conjunto de muestras de suelo a 0-5 cm de profundidad se colectó previamente al periodo de lluvias (abril de 1999) para hacer las determinaciones físico-químicas.

La profundidad del suelo se determinó con ayuda de una barrena tipo tornillo marca AMS de 12 mm. La temperatura en suelo desnudo se midió con un termómetro de mercurio TGL 40-336, mientras que la temperatura bajo piedras de 10 y 30 cm de espesor se registró con ayuda de dos higrotermómetros digitales RadioShak de sensor remoto; las lecturas se registraron cada hora el 28 de Agosto de 1999 de 0600 a 1800 h.

El 4 de septiembre, tres días después de una lluvia de 19 mm, se colectó otro conjunto de muestras de suelo para determinar el porcentaje de humedad.

#### *Métodos de laboratorio*

*Las muestras* de suelo colectadas en la estación seca se trasladaron al Laboratorio de Física de Suelos del Colegio de Postgraduados, donde se hicieron determinaciones de textura por el método del hidrómetro, materia orgánica por el método Walkley-Black, nitrógeno total por extrapolación de la relación empírica carbono/nitrógeno (Cajuste, 1977), fósforo aprovechable por colorimetría con la *solución extractora de Olsen* (Olsen y Dean, 1965) y potasio asimilable por flamometría (Black *et al.*, 1965). La conductividad eléctrica se determinó con un conductímetro y el pH con un potenciómetro.

La humedad del suelo se determinó por gravimetría en el Laboratorio de Biología de la Universidad de Occidente.

### *Métodos estadísticos*

Las diferencias entre distancias del punto aleatorio y de la cactácea a la roca más cercana se probaron con la t de Student y se consideraron significativas con  $P < 0.05$ .

La hipótesis de independencia entre tamaño de piedras y frecuencias observadas y esperadas de cactáceas se probó con el estadístico  $G^2$  en un cuadro de contingencia de  $6 \times 2$  (Agresti, 1990). Bajo esta hipótesis, cabría esperar que los individuos se asociaran a cada categoría en proporción a su cobertura, así que la ruptura del supuesto para una categoría particular puede interpretarse en términos de su eficacia para soportar cactáceas. La eficacia relativa de cada categoría de tamaños se evaluó con ayuda del análisis de residuales ajustados (Sokal y Rohlf, 1981). Los  $d_{ij}$  implican una diferencia entre el número de individuos observados y esperados para una categoría de tamaño, la cual es significativa al 5 por ciento de la distribución normal.

La hipótesis sobre una distribución homogénea de individuos alrededor de piedras se probó con Chi-cuadrada en un cuadro  $4 \times 2$  para cada especie (4 categorías de acimut por 2 tipos de frecuencia, observada y esperada). La hipótesis se rechazó con  $\chi^2 > 7.8$  ( $\alpha < 0.05$ , 3 g. l.).

Las diferencias entre medias de grupo para las variables edáficas se evaluaron con la Suma de Rangos de Wilcoxon para dos muestras (Gibbons, 1985). Estas se consideraron significativas al 5 por ciento de la distribución normal.

## Resultados

*Echinocereus sciurus* var, *floresii*, *Mammillaria dioica*, *M. mazatlanensis* y *Stenocereus thurheri* var. *thurheri* promediaron distancias de 0.4, 0.9, 0.6 y 0.6 cm a la piedra más próxima, respectivamente (Cuadro 1). Estas distancias resultaron significativamente menores ( $P < 0.05$ , prueba t de Student), en comparación con las que se registraron desde puntos aleatorios ( $3.1 \pm 0.6$  cm). Por lo tanto, la cercanía a piedras no es algo casual, sino que debe tener algún significado biológico para las cactáceas.

La población local de la globosa gigante *berocactus towsendianus* var- *towsendianus* es muy reducida en la isla. Sólo ocurrieron cinco individuos dentro del área de estudio, así que la evidencia registrada debe tomarse con reservas. Su distancia respecto a piedras promedió  $2.3 \pm 1.3$  cm y no difiere de la que se registró desde los puntos aleatorios ( $P = 0.70$ ).

Los individuos de *Cylindropuntia* mostraron cierta tendencia a ocurrir lejos de piedras y, al menos en *Opuntia fulgida*, su distancia ( $7.5 \pm 1.8$  cm) resultó significativamente mayor que la registrada desde puntos al azar. ( $P = 0.03$ ).

Cuadro 1. Distancia a la roca más cercana  $\pm$  error estándar, desde cactáceas (observada) y desde puntos aleatorios (esperada). Los valores de P  $\leq$  0.05 indican diferencia significativa al 5 por ciento con la Prueba t de Student.

Cactáceas	N	Distancia (cm)		p
		observada	esperada	
<i>Echinocereus sciurus</i> var. <i>floresii</i>	46	0.4 $\pm$ 0.1	3.1 $\pm$ 0.6	0.00
<i>Mammillaria dioica</i>	38	0.8 $\pm$ 0.2	3.1 $\pm$ 0.6	0.00
<i>Mammillaria mazatlanensis</i>	50	0.6 $\pm$ 0.2	3.1 $\pm$ 0.6	0.00
<i>Ferocactus tswendianus</i> var. <i>towsendianus</i>	5	2.3 $\pm$ 1.3	3.1 $\pm$ 0.6	0.70
<i>Stenocereus thurberi</i> var. <i>thurberi</i>	37	0.6 $\pm$ 0.2	3.1 $\pm$ 0.6	0.00
<i>Opuntia burrageana</i>	2	4.4 $\pm$ 1.0	1.1 $\pm$ 0.6	0.26
<i>Opuntia fulgida</i>	15	7.5 $\pm$ 1.8	3.1 $\pm$ 0.6	0.03

El método de interceptación lineal de Canfield (1941) reveló que las piedras con diámetro  $<$  8 cm cubren 52 por ciento del área de muestreo. El resto del área está ocupado por piedras y afloramientos rocosos con diámetro  $>$  8 cm, cuyas categorías (5) ocupan proporciones de terreno más o menos iguales, entre 7 y 12 por ciento (Cuadro 2).

La suma de individuos de las cuatro especies de cactáceas del Cuadro 2 para cada clase de tamaño de piedras resultó desproporcionada, en comparación con la cobertura de la clase correspondiente. Mientras las piedras de 0-8 cm cubren 52 por ciento, las cactáceas suman individuos que representan el 14.7 por ciento del total. En contraste, las piedras de 16-24 cm cubren 10 por ciento del área y tienen asociadas el 21 por ciento de las cactáceas. La hipótesis nula sobre una distribución proporcional de individuos en cada categoría de tamaño de piedras se rechazó con  $P < 0.001$  ( $G^2 = 314.3$ , 5 g. l.; no mostrado).

El Cuadro 2 muestra que las *cuatro cactáceas tienen*  $d_j < -2$  en piedras de la clase de 0-8 cm, lo cual indica que tiene asignados menos individuos de los que cabría esperar al azar.

*Echinocereus sciurus* tiene  $d_j > 2$  en todas las clases con piedras  $> 8$  cm; *Mammillaria dioica* en las clases 16-24, 24-32 y  $>40$  cm; *Mammillaria mazatlanensis* en las clases 8-16, 16-24 y 24-32; *Stenocereus thurberi* en las categorías 24-32 y 32-40 cm. Todos estos tamaños de piedras tienen asignadas cactáceas con mayor frecuencia de la que cabría esperar al azar.

La tendencia más o menos clara de las cactáceas es a ocupar piedras de tamaños intermedios, de 8 a 40 cm de diámetro. Esto se puede apreciar también en la Figura 1. Noventa (=45 por ciento) de los 200 individuos de *E. sciurus* se encontraron asociados con piedras de las categorías de 16-24 cm y 24-32 cm, que cubren 18 por ciento del área; 40 (=41.2 por ciento) de los 97 individuos de *Mammillaria dioica* se localizaron en estas mismas categorías. *Mammillaria mazatlanensis*, que parece menos restringida por piedras pequeñas, *mostró 88 individuos (=60.7 por ciento) asociados a tamaños de 8--16 cm, 16-24 cm y 24-32 cm*, asignados en número similar a cada clase. En *Sienocereus thurberi*, 21 individuos (=55.3 por ciento) de 38 registrados ocurren en las categorías de 24-32 y 32-40 cm, que cubren 15 por ciento del área.

Cuadro 2. Frecuencia observada y esperada de cactáceas por tamaño de piedras. Las frecuencias esperadas se calcularon bajo  $H_0$ : el número de individuos es proporcional a la cobertura rocosa de la clase correspondiente. Los  $d_{ij} > |z|$  implican diferencia significativa al 5 por ciento de la distribución normal y conducen al rechazo de la hipótesis nula.

Tamaño de Piedras {cm}	COB	<i>Echinocereus sciurus</i> var. <i>floresii</i>			<i>Mammillaria dioica</i>			<i>Mammillaria mazatlana</i>			<i>Stenncerus thurberi</i>		
		Obs	Esp	$d_{ij}$	Obs	Esp	$d_{ij}$	Obs	Esp	$d_{ij}$	Obs	Esp	$d_{ij}$
00-08	0.52	23	104.4	-8.0	16	50.6	-4.9	32	75.7	-5.0	1	19.8	-4.2
08-16	0.12	34	24.2	2.0	15	11.7	1.0	31	17.5	3.2	6	4.6	0.7
16-24	0.10	49	20.8	6.2	18	10.1	2.5	31	15.1	4.1	5	4.0	0.5
24-32	0.09	41	16.6	6.0	22	8.1	4.9	26	12.0	4.0	12	3.2	4.9
32-40	0.07	23	13.4	2.6	9	6.5	1.0	13	9.3	1.2	9	2.5	4.1
>40	0.10	30	20.6	2.1	17	10.0	2.2	12	14.9	-0.8	5	3.9	0.6

La Figura 2 muestra la distribución de cactáceas en función del acimut del plano lateral de las piedras. Los valores mostrados en la abscisa son valores medios de clase para intervalos de 40°. Por conveniencia, la abscisa inició en el acimut de 240°. El número de individuos es considerablemente mayor en flancos de 20 a 60°, y tiende a declinar a la izquierda y a la derecha de estos valores hasta alcanzar el número mínimo de individuos en flancos de 200-240°. Es clara la simetría que tiene la distribución de frecuencias de las cactáceas alrededor de las piedras, lo cual parece estar relacionado con la radiación solar.

En el Cuadro 3, las cactáceas se agruparon en cuatro clases de acimut con intervalos de 90° cada una: N, E, S y O. El número de individuos por celda resultó significativamente diferente del que cabría esperar en una distribución aleatoria alrededor de las piedras (prueba

$\chi^2$ ,  $P < 0.05$ , 3 g. l.).

Figura 1.

Figura 2

Cuadro 3. Número de individuos de cactáceas que ocupan diferente acimut con relación a las piedras con las que se asocian. La hipótesis de homogeneidad entre celdas es rechazada con  $\chi^2 > 7.8$  ( $\alpha = 0.05$ ,  $g = 1$ ).  $N=315-45^\circ$ .  $E=45-135^\circ$ ,  $S=135-225^\circ$ .  $0225-315^\circ$ .

<i>Cactáceas</i>	<i>N</i>	<i>E</i>	<i>S</i>	<i>D</i>	<i>X</i>
<i>Echirocereus sciurus var. floresii</i>	82	64	23	12	73.0
<i>Mamillaria mazatlanensis</i>	38	53	17	8	42.8
<i>Mamillaria dioica</i>	28	30	15	1	13.8
<i>Stenocereus thurberi var. thurberi</i>	13	18	4	3	16.5

*Las variables edáficas registradas bajo piedras y en suelo desnudo se muestran en el Cuadro 4. También se muestran los valores de una aproximación a la normal estándar de la prueba Suma de*

*Rangos de Wilcoxon para  $H_0: \mu_1 = \mu_2$ .*

La profundidad del suelo bajo piedras ( $7.3 \pm 0.9$  cm) resultó significativamente menor ( $Z = -1.99$ ,  $P = 0.047$ ) que la registrada en suelo desnudo ( $11.7 \pm 1.5$  cm). Tal situación podría explicarse por procesos de retención y acumulación de suelo entre piedras, en forma de pequeñas terrazas a lo largo de la pendiente.



Cuadro 4. Variables edáficas bajo piedras y en suelo desnudo (media  $\pm$  error estándar). Los valores de Z son una aproximación normal de la Suma de Rangos de Wilcoxon. La hipótesis  $H_0: \mu_1 = \mu_2$  es rechazada con PS 0.05. Los tamaños de muestra  $N_1=15$  y  $N_2=15$ , excepto la temperatura del suelo ( $N_1=26$ ,  $N_2=13$ ).

Variables	Condición del suelo		Valores Z	p
	Bajo piedras	Desnudo		
Profundidad del suelo (cm)	7.3 $\pm$ 0.90	11.7 $\pm$ 1.50	-1.99	0.047
Temperatura del suelo ( $^{\circ}$ C)	37.3 $\pm$ 1.10	45.4 $\pm$ 2.40	-2.74	0.006
Humedad (%)	14.2 $\pm$ 1.00	8.2 $\pm$ 0.90	3.65	0.000
Arena (%)	27.8 $\pm$ 3.00	24.5 $\pm$ 1.20	0.55	0.583
Lima (%)	42.4 $\pm$ 2.60	46.7 $\pm$ 1.20	-1.64	0.102
Arcilla (%)	29.8 $\pm$ 0.80	28.9 $\pm$ 0.90	1.08	0.282
Materia orgánica (%)	2.1 $\pm$ 0.10	2.0 $\pm$ 0.10	0.85	0.394
Nitrógeno total (%)	0.13 $\pm$ 0.01	0.12 $\pm$ 0.01	0.81	0.416
Fósforo soluble (ppm)	6.0 $\pm$ 0.90	7.5 $\pm$ 0.80	-1.50	0.133
Potasio asimilable (meq/100g)	0.51 $\pm$ 0.04	0.53 $\pm$ 0.03	-0.32	0.747
PH	5.6 $\pm$ 0.10	5.5 $\pm$ 0.10	0.35	0.723
Conductividad eléctrica (mmhos/cm)	0.11 $\pm$ 0.01	0.18 $\pm$ 0.01	-4.09	0.000

La temperatura promedió  $37.3 \pm 1.1^{\circ}$ C bajo piedras de 10 y 30 cm de diámetro y  $45.4 \pm 2.4^{\circ}$ C en suelo desnudo, significativamente diferentes con  $P=0.006$  ( $Z=-2.74$ ). El suelo bajo una piedra de 30 cm conserva una temperatura  $8^{\circ}$ C abajo de la registrada en otra de 10 cm durante las horas más cálidas del día (Figura 3). En la piedra grande la temperatura máxima es de  $38.6^{\circ}$ C a las 1500 h, mientras que en la piedra pequeña la temperatura máxima alcanzó  $46.5^{\circ}$ C a las 1700 h. Cuando el suelo desnudo está más caliente ( $55.5^{\circ}$ C a las 1300 h) la piedra de 30 cm tiene  $37^{\circ}$ C y la de 10 cm tiene  $44.2^{\circ}$ C, lo cual representa  $18.5^{\circ}$ C y  $11.3^{\circ}$ C menos que aquella, respectivamente.

### Figura 3.

La humedad del suelo a 0-5 cm en muestras obtenidas bajo piedras promedió  $14.2 \pm 1.0$  por ciento dos días después de una lluvia de 17 mm, mientras que en suelo desnudo promedió  $8.2 \pm 0.9$  por ciento ( $Z=3.65$ ,  $P=0.000$ ). Lo anterior demuestra que las piedras pueden conservar humedad por más tiempo debido a que protegen el suelo de la radiación directa y de la acción evaporante del viento.

La textura, la fertilidad y el pH registrados bajo piedras no mostraron diferencia respecto a los valores registrados en suelo desnudo ( $P>0.1$ ), y podrían carecer de importancia para explicar la distribución de las cactáceas. La conductividad eléctrica es una variable potencialmente importante por su correlación con la concentración de sales solubles. Bajo piedras promedió  $0.11 \pm 0.01$  mmhos/cm y en suelo desnudo  $0.18 \pm 0.01$  mmhos/cm. La diferencia es altamente significativa ( $Z=-4.09$ ,  $P=0.000$ ), aunque la concentración equivalente de sales es relativamente baja: 70.4 ppm vs 115.2 ppm, respectivamente (estimación con base en Richards, 1985).

### **Discusión**

El acolchado de piedras es considerado por Harper *et al.* (1965) como parte de la variación microtopográfica del suelo, con abundancia de "sitios seguros" que reúnen condiciones específicas favorables para la germinación y el establecimiento de las plántulas. Noy-Meir (1973) considera su importancia como parte del "efecto inverso de la textura", que deriva del hecho de que en ambientes áridos los suelos arenosos y pedregosos son

considerados secos por su baja capacidad de almacenamiento de agua, mientras que en medios desérticos son *relativamente más* húmedos porque *poseen mayor* infiltración, menor escorrentía, menor calentamiento y menor evaporación que otros tipos de suelos.

Cuatro de las siete cactáceas de nuestro análisis resultaron asociadas con piedras: *Echinocereus sciurus var. floresii*, *Mammillaria dial ca*, *Mammillaria mazatlanensis* y *Stenocereus thurheri var. thurberi*. Sus distancias promediaron  $< 1$  cm a la piedra más cercana y resultaron significativamente menores ( $P < 0.05$ ) que las registradas desde puntos aleatorios ( $3.1 \pm 0.6$  cm). La razón biológica más importante de la asociación cactácea-piedra parece derivar del sombreado, ya que las cactáceas se localizan en tamaños y acimut de piedras favorables.

En el Desierto Sonorense, las plántulas de saguaro *Carnegiea gigantea* (Engelm.) Britt. y Rose se establecen a la sombra de piedras, pero requieren "sombreado adicional" de arbustos. Steenberg y Lowe (1969) registraron 177 plántulas en un área pedregosa, pero sólo 4 recibían sombreado simple de piedras, mientras 173 recibían sombreado doble de piedras y arbustos. Además de prolongar el período de humedad del suelo y proteger las plántulas del calor excesivo y las temperaturas de congelación, los autores reconocieron que las piedras y afloramientos rocosos sirven de refugio contra el apacentamiento de roedores, lagomorfos y otros herbívoros.

La mayoría de los individuos de cactáceas en el área de estudio se encontraron asociados a piedras de 8-40 cm de diámetro. Aunque los individuos bajo arbustos no se consideraron en nuestro análisis, nosotros constatamos que ocurren bajo arbustos aislados en matorral abierto, pero no en matorral denso. Nosotros sugerimos que las cactáceas del desierto costero no requieren de sombreado doble de arbustos y piedras para establecerse y

posiblemente el nivel de apacentamiento en sitios abiertos es tan bajo que no requieren de refugios especiales para ocultarse de sus depredadores. De hecho no observamos evidencia de roedores u otros herbívoros potencialmente importantes fuera de los insectos. Los saltamontes tienen poblaciones particularmente densas en el área de arbustos durante la época de lluvias, pero son relativamente raros en los espacios abiertos.

Igual que los arbustos, las piedras grandes bloquean la radiación de onda corta e interceptan la radiación fotosintéticamente activa (RFA). Con ello protegen las plántulas del calor excesivo, pero retardan el crecimiento. *Ferocactus acanthodes* (Lem.) Britton y Rose y *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. alcanzan el nivel de compensación (fotosíntesis=respiración) a los 70+ y el de saturación cerca de los 530  $\mu\text{mol m}^{-2}/\text{s}$ . El nivel de compensación corresponde aproximadamente a una reducción del 85 % de la RFA disponible, por lo que se espera la ausencia total de cactus a niveles mayores de sombreado (Nobel, 1988). Una piedra de 50 cm reduce la RFA hasta 140  $\mu\text{mol m}^{-2}/\text{s}$  en microhábitats de exposición norte, mientras se alcanzan máximas de 1800  $\mu\text{mol m}^{-2}/\text{s}$  en espacios abiertos a medio día (Nobel, 1978). El helecho desértico *Notholaena parryi* DC. *Heat se establece a una* distancia < 1 cm de la piedra y recibe radiación que coincide con el nivel de saturación de la fotosíntesis cerca de 140  $\mu\text{mol m}^{-2}/\text{s}$ . Para una cactácea esta intensidad de radiación está más cerca del nivel de compensación que del nivel de saturación e implicaría un retardo considerable del crecimiento. Las tasas de crecimiento lentas inducidas por sombreado excesivo prolongan por más tiempo la fase crítica de plántula y disminuyen su probabilidad de supervivencia (Nobel, 1988; Valiente-Banuet y Ezcurra, 1991). Las piedras de 8-40 cm cubren 37 por ciento del área de muestreo y concentran 74 por ciento de los individuos de *E. sciurus*, 66 por ciento de *Mammillaria dioica*, 70 por ciento de *M. mazatlanensis* y 84 por ciento de *S. thurberi*

(Cuadro 2). Muy pocos individuos ocurren en piedras < 8 cm y acaso los que cabría esperar al azar de *Mammillaria mazatlanensis* y *S. thurheri* ocurren en piedras > 40 cm de diámetro. Es probable que las piedras de 8-40 cm de diámetro proporcionen la sombra suficiente a la vez que un nivel aceptable de radiación para el crecimiento de las cactáceas, pero esto deberá probarse con experimentos apropiados que relacionen los niveles de radiación con las tasas fotosintéticas.

Los individuos de las especies asociadas con piedras se localizaron con mayor frecuencia en acimut de 20-60° (Figura 2), una localización especialmente favorable ya que las plántulas están protegidas en horas de máxima radiación solar y máxima temperatura del suelo. A 25° 34' N, latitud del área de estudio, la trayectoria solar describe una forma de "U" sobre el plano de la superficie terrestre y la sombra de un objeto describe una forma similar, pero invertida. Durante todo el año, las piedras proyectan sombra al norte, aún en semanas próximas al 22 de Junio cuando la estación seca es más crítica para la supervivencia de las plántulas. La posición en acimut noreste es ventajosa en virtud de que éstas reciben radiación directa de baja intensidad por la mañana hasta antes de las 1200 h y luego la radiación directa es bloqueada por el resto del día. La máxima frecuencia de individuos a 20-60° y la mínima a 200-240° podría ser el resultado de dos circunstancias: 1) el desplazamiento natural de la trayectoria solar hacia el sur en fechas subsiguientes al 22 de junio y, 2) el retardo aproximado de una hora en la temperatura máxima del suelo con respecto a la hora de máxima radiación solar. En razón de esto, a las 1300 h el acimut solar es de aproximadamente 225° y la sombra proyectada por piedras tiene un acimut de 45° que coincide con la máxima frecuencia de cactáceas.

Las propiedades térmicas de absorción de onda corta, capacidad volumétrica de calor y conductividad térmica de las rocas pueden diferir de las propiedades del suelo (Nobel *et al.*, 1992). Generalmente actúan como aislantes térmicos en horas de máxima radiación y como fuentes de calor en la noche (Jury y Bellantuoni, 1976a). Sin embargo, las piedras pequeñas tienen poco efecto en la regulación de las temperaturas extremas del suelo y son menos eficientes en la protección de los cactus de la isla. El 20 de agosto, la temperatura máxima del suelo alcanzó 55.5°C en espacios abiertos, 44.2 bajo una piedra de 10 cm y 37°C bajo una piedra de 30 cm de diámetro (Figura 3). Las altas temperaturas en espacios abiertos son críticas en individuos adultos de *E. scíurus*, pues adelgazan la base del tallo y ocasionan su muerte (Sánchez-Soto y Nolasco-Sánchez, 1999).

En el Valle de Tehuacán de Puebla, México, Valiente-Banuet y Ezcurra (1991) observaron que muy pocas semillas (2-9 %) de *Neobuxbaumia teteizo* (Weber) Backeberg pueden germinar en espacios abiertos, y siempre ocurren cerca o debajo de piedras, pero señalan que *estas* pueden retener la humedad sólo por corto tiempo y su papel en la supervivencia de largo plazo puede ser de poca importancia. En contraste, las raíces de *Echinocereus engelmannii* (Parry) Lem., *Opuntia acanthocarpa* Engelm, y Bigel. y *Ferocactus acanthodes* (Lem.) Britt. y Rose ocurren bajo piedras o a lo largo de sus bordes en el Desierto Sonorense de California (Nobel *et al.*, 1992). El potencial de agua del suelo es de -0.13 MPa a un centímetro de distancia de la piedra cuando a 5 cm es de ---0.3 MPa.

Consecuentemente, la longitud de raíces por volumen de suelo es de 3.2 y 0.8 cm/cm<sup>3</sup>, respectivamente, y las raíces laterales de *D. acanthocarpa* son más frecuentes bajo piedras (54), menos frecuentes en sus bordes (21) y muy raras lejos de éstas (3). En el Desierto de Negev, ciertos arbustos permanecen activos durante la estación seca debido a que aprovechan

el agua que hay bajo piedras subterráneas, las cuales conservan 9-12 por ciento de humedad cuando a mayor distancia hay niveles no aprovechables de 4-6 por ciento (Evenari *et al.*, 1985). En el desierto costero de la isla Mazocahui el suelo es somero y tiene baja capacidad para almacenar agua, pero puede apreciarse que las piedras contribuyen significativamente en su conservación. La humedad dos días después de una lluvia de 17 mm resultó 6 por ciento mayor que la registrada en suelo desnudo ( $8,2\pm 0,9$  por ciento).

La prioridad en la supervivencia de las plantas que se asocian con piedras apunta a prevenir la desecación por radiación solar directa y por calentamiento excesivo del suelo, pero hay otros aspectos relacionados con el agua que sugieren un papel potencialmente importante de las piedras en el mejoramiento del medio físico de los cactus de Topolobampo.

El rocío de una noche invernal promedió 3.1 g en discos de papel filtro de 95 cm<sup>2</sup>, a diferencia de los arbustos, las piedras permitieron la condensación de agua en tallos y espinas de cactáceas protegidas (Reyes-Olivas y García-Moya, en publicación). Su efecto podría ser una reducción considerable de la transpiración y, si se demuestra que el rocío contribuye en los procesos de hidratación/deshidratación de la semilla, la germinación y sobrevivencia de las plántulas también podrían beneficiarse (Dubrovski, 1996, 1998).

Las rocas de superficies lisas en desiertos del Cercano Oriente condensan agua y la canalizan a grietas y cavidades que no reciben radiación directa. Estos microhábitats son refugios especiales que permiten ampliar los límites geográficos de plantas de medios más húmedos que el desierto. Las piedras de la isla Mazocahui condensan suficiente agua para mantener líquenes costrosos y fruticosos en planos horizontales y orientados al norte, pero las superficies son porosas y el escurrimiento hacia la base tal vez sea un fenómeno raro, de poca importancia para contribuir en el potencial de agua de las raíces.

El agua de la lluvia, incluso si esta es ligera, puede ser canalizada más fácilmente hacia las raíces de plantas en su vecindad inmediata. Nobel (1978) observó que una lluvia de 3.5 mm en suelo seco ( $\psi < -9.0$  MPa) incrementa el potencial de agua a 10 cm de profundidad hasta -2.8 MPa en un suelo expuesto y hasta -0.72 MPa en el suelo que bordea la roca. Este último es muy significativo si se tiene en cuenta que el potencial típico de la raíz de las cactáceas es de -0.5 MPa.

Los poros no capilares formados por piedras incrementan la infiltración de agua y reducen la escorrentía en suelos de laderas (Epstein *et al.*, 1966; Agassi y Levy, 1991). Cuando el suelo cubierto por piedras se expone a la lluvia, la infiltración ocurre a lo largo del perímetro de las partículas, luego el agua se difunde horizontal y verticalmente (Agassi y Levy, 1991). Durante el día el suelo desnudo se calienta más rápido que bajo la piedra, el vapor de agua tiene un movimiento ascendente que sigue el gradiente térmico de mayor a menor temperatura y llega a la cara inferior de piedras donde es condensado (Jury y Bellantuoni, 1976b; Cass *et al.*, 1984). El efecto de condensación de las piedras es más pronunciado en suelos secos con altas temperaturas superficiales, pero habría que evaluar su importancia en un suelo tan somero como el de la isla.

Las piedras también ejercen efectos significativos sobre la erosión y el transporte de materiales del suelo.

El efecto de "escudo" y las sendas tortuosas de escurrimiento causan que el impacto de las gotas de lluvia y de la escorrentía tengan menos efecto erosivo sobre las laderas pedregosas que en aquellas sin acolchado de piedras (Agassi y Levi, 1991). Los flancos de piedras transversales a la pendiente retienen suelo y forman pequeñas terrazas. En el sitio de estudio, el suelo de las terrazas promedió 11.7 cm de profundidad, significativamente mayor



que el espesor del suelo bajo piedras (Cuadro 4). Los cactus de tallos cilíndricos *Opuntia fulgida* y *Opuntia burrageana* mostraron distancias de  $7.5 \pm 1.8$  cm y  $4.4 \pm 1.0$  cm a la piedra más cercana (Cuadro 1), pero las distancias no se pueden interpretar como evidencia de no asociación mientras no se estudie la distribución de sus sistemas radicales. Nosotros creemos que la ocupación de terrazas por *Cylindropuntia* es facilitada por propagación vegetativa. Las espinas de los artículos desprendidos pueden anclarse en el suelo húmedo y facilitar el arraigamiento en espacios no pedregosos, pero esto se torna difícil cuando hay acolchado de piedras que impiden el contacto con el suelo. Los individuos propagados por artículos desprendidos escapan de la fase de plántula y pueden prescindir del sombreo, aunque sus raíces podrían aprovechar los espacios protegidos con mayor humedad, como lo hace *Opuntia acanthocarpa* en el Desierto Sonorense de California (Nobel *et al.*, 1992)

De acuerdo con Nobel (1988), hay una considerable variación interespecífica con respecto a la sensibilidad a las sales. *Opuntia ficus-indica* es altamente sensible y reduce su crecimiento al 50 por ciento con 70 mM NaCl, equivalentes a 4090 ppm. La conductividad eléctrica registrada en la isla Mazocahui equivale a 70.4 ppm bajo piedras y 115.2 ppm en suelo desnuda. Difieren *significativamente, pero la* concentración de sales es tan baja que podría carecer de importancia para explicar el patrón espacial de las cactáceas. Las diferencias registradas pueden atribuirse a la interceptación *de sales* transportadas por el viento por parte de los líquenes costrosos, ya que se han registrado altas concentraciones en aquellos que habitan zonas costeras (Figueira *et al.*, 1999).

Ciertos animales también utilizan las piedras como refugio y seleccionan tamaños específicos para regular sus temperaturas corporales (Huey y Porter, 1989; Dean y Turner, 1991). Los restos orgánicos de animales, la incorporación de raíces de plantas, así como los

procesos de intemperización de la roca, pueden ocasionar diferencias en materia orgánica, pH y nutrimentos con respecto a suelos desnudos (Nobel *et al.*, 1992). El análisis de las muestras edáficas colectadas en ambas condiciones reveló que las variables mencionadas poseen *valores similares y no difieren* estadísticamente, por lo que se pueden considerar de poca importancia en el patrón espacial de los cactus.

En conclusión, las condiciones menos severas del desierto costero de Topolobampo en la isla Mazocahui permiten el establecimiento de *Echinocereus sciurus var. floresii*, *Mammillaria dioica*, *Mammillaria mazatlanensis* y *Sienocereus thurberi var. thurberi* en espacios abiertos del matorral, gracias al sombreo temporal de piedras en flancos de acimut noreste. Las piedras de 8-40 cm de diámetro promedio son más eficaces para proteger los cactus de la isla, tal vez porque combinan un buen nivel de sombreo con una tasa fotosintética aceptable sin interferir con las necesidades de los adultos. Además del sombreo, las piedras ofrecen *temperaturas* menos extremas y conservan mejor la humedad del suelo, lo cual contribuye a un establecimiento exitoso de las plántulas y propicia un ambiente más favorable para el crecimiento.

*Las Cylindropuntia O. fulgira* y *O. burrageana* ocupan suelos más profundos en pequeñas terrazas, a una distancia mayor de 4 cm de la piedra superficial más próxima. Sus artículos pueden arraigar aquí con mayor éxito y, debido a que evaden la fase de plántula, pueden prescindir del sombreo de las piedras.

El establecimiento de los cactus a la sombra de piedras o en terrazas está mediado por una baja presión de apacentamiento en espacios abiertos.

## LITERATURA CITADA

- Agassi, M. y G. J. Levy. 1991. Stone-cover and rain intensity; effects on infiltration, erosion and water splash. *Aust. J. Soil Res.* 29: 365-375.
- Agresti, A. 1990. *Categorical data analysis*. John Wiley & Sons. 558 p.
- Bertness, M. C. y R. M. Callaway. 1994. Positive interactions in communities. *Trends in Ecology and Evolution* 9: 191-193.
- Black, C. A.; D. D. Evans, 3. L. White, L. E. Ensminger y F. E. Clark. 1965. *Methods of soil analysis*. Part 2. Chemical and microbiological properties. *Agronomy* 9: 1035-1049. Amer. Soc. Agron. and Amer. Soc. Testing Matter. Madison, Wis.
- Briones, O.; C. Montaña y E. Ezcurra. 1996. Competition between three Chihuahuan Desert species; evidence from plant size-distance relations and root distribution. *J. Veg. Sci.* 7: 453-460.
- Cajuste, L\_ 1977. *Química de suelos con un enfoque agrícola\_ Colegio de Postgraduados*. Chapingo, México. 278 p.
- Callaway, R. M. y L. R. Walker. 1997. Competition and facilitation: a synthetic approach to interactions in plant communities. *Ecology* 78: 1958-1965.
- Canfield, R. 1941. Application of the line interception method in sampling range vegetation. *J. Forestry* 39: 388-394.
- Cass, A. ; G. S. Campbell y T. L. Jones. 1984. Enhancement of thermal water vapor diffusion in soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48: 25-32.
- Danin, A. 1999 Desert rocks as plant refugia in the Near East. *The Botanical Review* 65: 93
- Dean, W. R. J, y J. S. Turner. Ants nesting under stones in the semi-arid Karoo, South Africa: predator avoidance or temperature benefits? *Journal of Arid Environments* 21: 59-69. Epstein, E.; W. J. Grant y R\_ A. Struchtemeyer. 1966. Effects of stones on runoff, erosion, and soil moisture. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 30: 638-640.
- Evenari, M.; L. Chanon y N. Tadmor. 1982. *The Negev. The challenge of a desert*. 2nd. Ed. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Figueira, R.; A. J. Sousa; D. H. Browns; F. Catarino y A. M. G. Pacheco. 1999. Natural levels of saline elements in lichens: determination of cellular fractions and their importance as saline tracers. *Lichenologist* 31: 183-196.
- Flores-Martinez, A.; E. Ezcurra y S. Sánchez-Colón. 1994. Effect of *Neahuxhaumia tetetzo* on growth and fecundity of its nurse plant *Mimosa luisana*. *J. Ecol.* 82: 325-330.
- García, E. 1980. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones particulares de la República Mexicana). Instituto de Geografía, UNAM. México, D. F. 246 p.
- Gibbons, J. D. 1985. *Nonparametric statistical inference*. Second Edition. Marcel Dekker, Inc. N. Y. 408 p.
- Hellmers, H.; J. S. Horton, G. Jühren, and J. O'Keefe. 1955. Root systems of some chaparral plants in southern California. *Ecology* 36: 667-678.
- Huey, R. B. y W. P. Porter. 1989. Hot rocks and no-so-hot rocks: retreat-site selection by garter snakes and its thermal consequences. *Ecology* 70: 931-944.
- Jury, W. A. y B. Bellantuoni. 1976a. Heat and water movement under surface rocks in a field soil. I. Thermal effects. *Soil Sci. Soc. Am. Journal* 40: 505-509.
- Jury, W. A. y B. Bellantuoni. 1976b. Heat and water movement under surface rocks in a field soil. II. Moisture effects. *Soil Sci. Soc. Am. Journal* 40: 509-513.

- Lamb, J. R. y J. E. Chapman. 1943. Effect of surface stones on erosion, evaporation, soil temperature, and soil moisture. *J. Amer. Soc. Agron.* 35: 567-578.
- López-Ramos, E. 1981. *Geología de México*. Vol. III. 2a. Ed. México, D. F.
- McAuliffe, J. R. 1984. Sahuaro-nurse tree association in the Sonoran Desert: competitive effects of sahuaros. *Oecologia (Berlin)* 64: 319-321.
- Niering, W. A.; R. H. Whittaker y C. H. Lowe. 1963-The saguaro: a population in relation to environment. *Science* 142: 15-23.
- Nobel, P. S. 1978. Microhabitat, water relations, and photosynthesis of a desert fern, *Notholaena parryi*. *Oecologia (Bert.)* 31: 293-309.
- Nobel, P. S. 1988. *Environmental Biology of Agaves and Cacti*. Cambridge University Press, New York, 270 p.
- Nobel, P. S. 1989. Temperature, water availability, and nutrient levels at various soil depths-consequences for shallow-rooted desert succulents, including nurse plant effects. *Amer. J. Bot.* 76: 1486-1492.
- Nobel, P. S.; P. M. Miller y E. A. Graham. 1992. Influence of rocks on soil temperature, soil water potential, and rooting patterns for desert succulents. *Oecologia* 92: 90-96.
- Olsen, S. R. y L. A. Dean. 1965. Phosphorus. In: C. A. Black *et al.* (eds.) *Methods of soil analysis*. Part 2. Chemical and microbiological properties. *Agronomy* 9: 1035-1049. Amer. Soc. Agron. and Amer. Soc. Testing Matter. Madison, Wis.
- Phleger, F. B. y A. Ayala-Castañares. 1969. Marine geology of Topolobampo lagoons, Sinaloa, México. *Mem. Simp. Intern. Lagunas Costeras*. UNAM-UNESCO, Nov. 28-30, 1967. México, D. F. Pp. 101-136.
- Richards, L. A. (Editor) 1985. *Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos*. Traducción al español. LIMUSA, México, D. F. 172 p.
- Sanchez-Soto, Bardo H. y Ma. Judith Nolasco-Sánchez. 1999. Relación de *Echinocereus sciurus* var. *floresii* (Backeb.) N. P. Taylor (Cactaceae) con arbustos y rocas en el desierto costero de Topolobampo, Ahorne, Sinaloa. Tesis de licenciatura en Biología Ecológica, Departamento de Biología de la Universidad de Occidente Campus Los Mochis. Los Mochis, Sinaloa. 61 p.
- Sokal, R. R. y F. J. Rohlf 1981. *Biometria*. Blume. J. Rohlf. 1981. *Biometria*. H. Blume Ediciones. Madrid, España. 831 p.
- Steenbergh, W. F. y C. H. Lowe. 1969. Critical factors during the first years of life of the saguaro (*Cereus giganteus*) at Sahuaro National Monument, Arizona. *Ecology* 50: 825-834.
- Turner, R. M.; S. M. Alcorn y G. Olin. 1969. Mortality of transplanted saguaro seedlings. *Ecology* 50: 835-844.
- Valiente-Banuet, A. y E. Ezcurra. 1991. Shade as a cause of association between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse plant *Mimosa luisana* in the Tehuacan Valley, Mexico. *Journal of Ecology* 79: 961-971.
- Valiente-Banuet, A.; F. Vite y J. A. Zavala-Hurtado. 1991. Interaction between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse *Mimosa luisana*. *J. Veg. Sci.* 2: 11-14.
- Vetaas, O. R. 1992. Gradients in field layer vegetation on an arid misty mountain plateau in the Sudan. *J. Veg. Sci.* 3: 527-534.
- Yeaton, R. I. 1978. A cyclical relationship between *Larrea tridentata* and *Opuntia leptocaulis* in the northern Chihuahuan Desert. *J. Ecol.* 66: 651-656.
- Yeaton, R. I. y M. L. Cody. 1976. Competition in plant communities: the Northern Mojave Desert. *J. Ecol.* 64: 689-696.
- Yeaton, R. I.; J. Travis y E. Gillinsky. 1977. Competition and spacing in plant communities; the Arizona upland association. *Journal of Ecology* 65: 587-595.

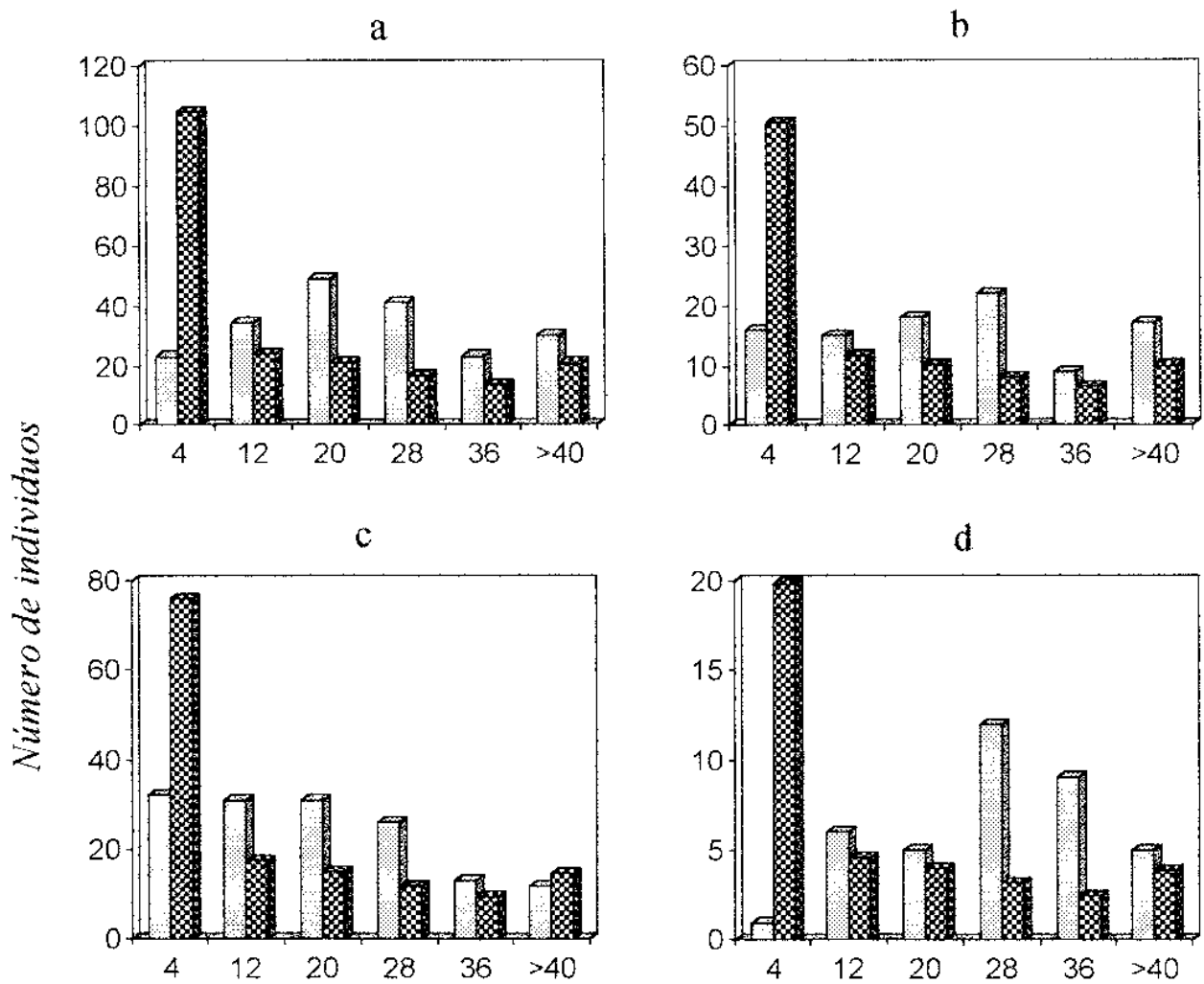
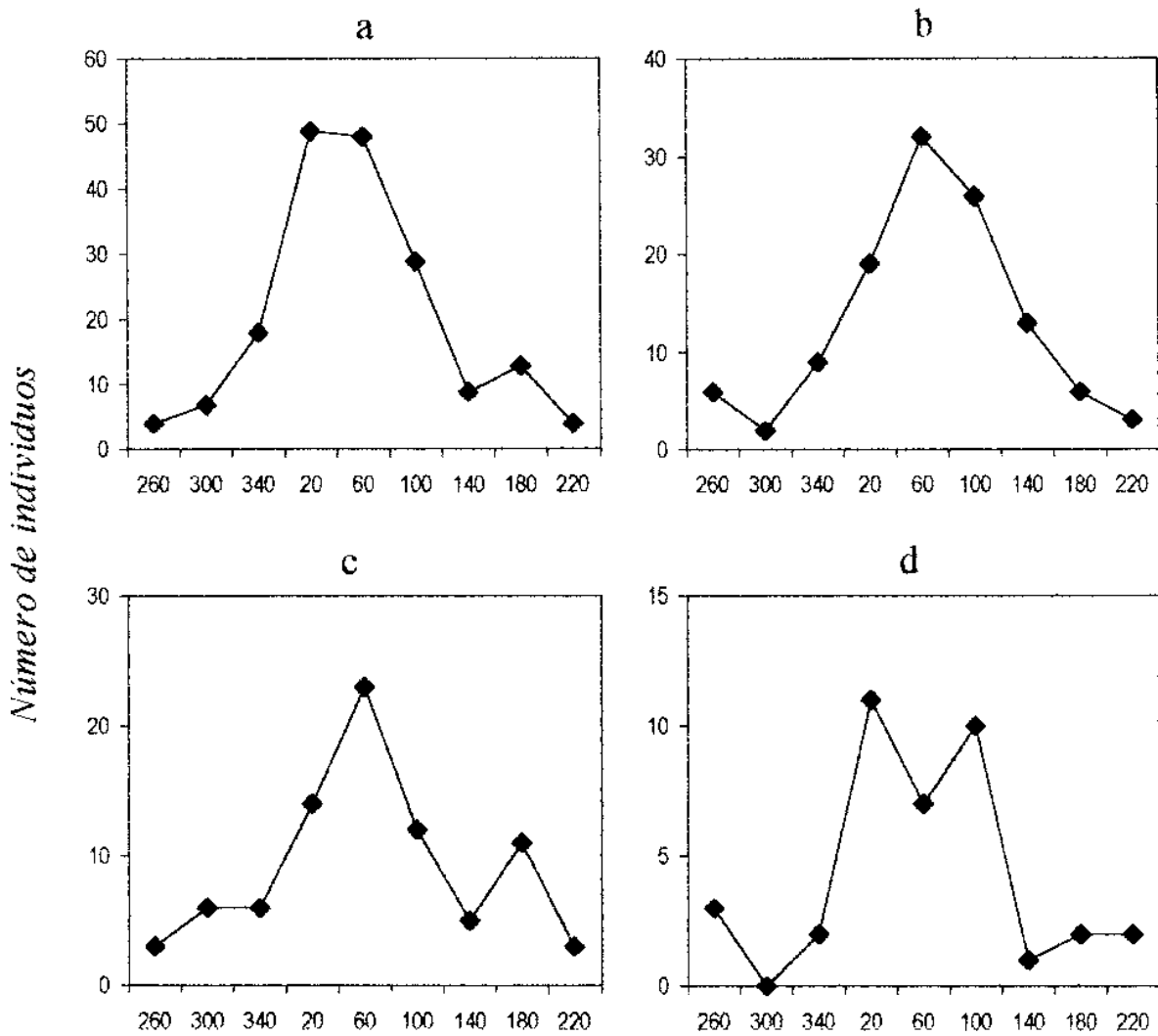


Figura 1. Frecuencia de cactáceas observadas y esperadas (MM ) con relación a categorías de Diámetro de piedras en el desierto costero de Topolobampo: (a) *Echinocereus sciurus var. flaresii*, (b) *Alamillaria dialca*, (c) *Mammillaria mazatlanensis*, (d) *Stenocereus thurberi var. thurberi*.



*Acimut de cactáceas con relación a piedras*

Figura 2. Acimut de cactáceas con relación a piedras en el desierto costero de Topolobampo, Sinaloa. La evidencia gráfica muestra que *E. sciurus* (a), *M. mazatlanensis* (b), *M. dioica* (c) y *S. thurberi* (d) tienen el mayor número de individuos entre los 20 y 60°. Las frecuencias observadas resultaron significativamente diferentes de las que cabría esperar bajo el supuesto de una distribución aleatoria alrededor de rocas (prueba de  $\chi^2$ ,  $g_1=3$ ,  $r' < 0.05$ ; Cuadro 3).

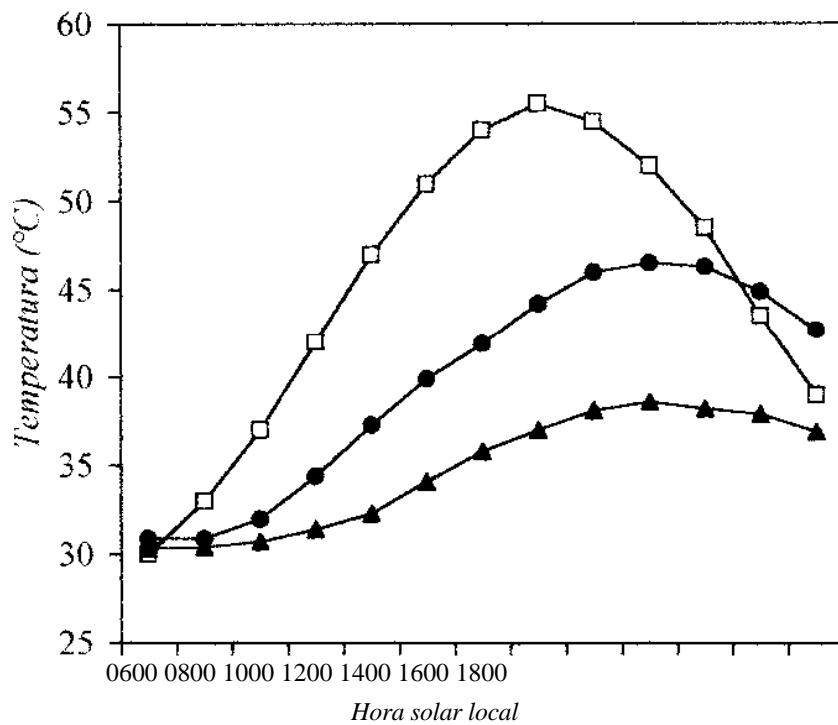


Figura 3. Comportamiento diario de la temperatura en suelo desnudo (i), bajo piedras de 10 cm (•) y bajo piedras de 30 cm (A). Isla Mazocahui 1, Topolobampo, Sinaloa.

ESPECIES VEGETALES DE LA ISLA MAZOCAHUI I EN TOPOLOBAMPO,  
AHOME, SINALOA

Reyes Olivas, Alvaro

INTRODUCCIÓN

Este catálogo incluye todas las especies de Magnoliophyta colectadas en la Isla Mazocahui 1, una de las cinco islas de la Bahía de Ohuira pertenecientes a la reserva ecológica Islas del Golfo de California. Las familias están presentadas en orden filogenético de acuerdo con Cronquist (1981). Los géneros dentro de cada familia se presentan en orden alfabético, igual las especies dentro de géneros.

La información se estructuró en acuerdo con el siguiente formato:

CLASE (mayúsculas negritas, texto centrado)

SUBCLASE (mayúsculas, texto centrado)

ORDEN (mayúsculas, texto centrado)

FAMILIA (mayúsculas negritas)

Género (negrita) y autor(es)

(autores consultados para la identificación y documentación de la *especie*) *Especia*  
(negritas itálicas), autor(es) de la misma y año de publicación.

Nombre de la publicación, volumen y páginas en las que apareció la especie. Nombre  
vulgar (entre comillas)

Sinónimo(s) de la *especie* (*en itálicas*), seguido (s) del (los) autor (es) y el año de la publicación.

Forma vital

Fecha de floración

Hábitats de la isla y aquellos consignados en la literatura

Distribución geográfica

Observaciones sobre su estado de conservación, si las hay.

Número (s) de colecta

La forma vital incluyó categorías tomadas de Shreve y Wiggins (1964), Rzedowski (1978) y Wiggins (1980). Se incluyeron las siguientes:

Arbóreas (generalmente > 3m de alto, con un tallo principal o tronco)

Arbustivas

Arbustos (plantas leñosas, generalmente < 3 m de alto y tallos que ramifican desde la base)

Crasicaules (plantas de tallo carnoso o craso)

Sarcocaulales (de tallos suculentos con diámetro basal engrosado)

Sufrútices (plantas leñosas en su base)

Rosetófilos (de tallos rígidos o suculentos con entrenudos breves, hojas dispuestas en forma de rosa)



*Herbáceas* (plantas no leñosas, mueren al nivel del suelo cuando finaliza la estación de crecimiento) Anuales (viven en la estación de crecimiento) Perennes (el sistema de retoño muere cada año, pero la planta vive 3 años o más)

Rastreras (de tallo postrado o aplanado sobre la tierra)  
Trepadoras (que se adhieren a otros objetos con zarcillos)  
Escandentes (que se enredan sobre rocas o plantas sin utilizar zarcillos)

Orilla N con influencia de brisa. Cañadas y arroyos.  
MAGNOLIOPSIDA  
HAMAMELIDAE  
URTICALES

MORACEAE

Ficus L.  
(Standley, 1920-26; Shreve & Wiggins, 1964)  
*Ficus petiolaris* H. B. K., 1817. *Nov. Gen. d Sp.* 2: 49

"Texcalama", "texcalama lechoso", "higuerón".

*Urostigma petiolare* Miq., 1847. *picus jaliscana* S. Wats., 1891.

Arborea

Sonora a Guerrero, Morelos, isla María Madre y Oaxaca.  
Se observaron sólo tres individuos en toda la isla. Núm. 925, 1007

CARYIOPHYLLIDAE  
CARYOPHYLLALES  
CACTACEAE

*Echinocereus* Engelmann  
(Taylor, 1985; Hunt, 1992)  
*Echinocereus sciurus* var. *floresii* (Backeb) N. P. Taylor, 1985.  
*The genus Echinocereus*, p. 115.

"Pitayita", "chuchita".

*Echinocereus floresii* Schwartz ex Backeb., 1949.  
*Echinocereus bristolii* ssp. *foresii* Blum & Lange

*Crasicaule*  
Junio y Julio

Cerca de piedras en espacios abiertos del matorral xerófilo.  
Topolobampo, Sinaloa. Rara  
(NOM-059-ECOL-94) Núms. 677, 938.

*Ferocactus* Britton & Rose.  
(Bravo-Hollis, 1978)  
*Ferocactus herrerae* González Ortega, 1927.

"Viznaga".

*Crasicaule*  
Mayo-abril.

Suelos pedregosos del matorral xerófilo  
Suroeste de Sonora hasta suroeste de Sinaloa, montañas del oeste de Durango. Núms. 950, 951.

*Mammillaria* Hawort  
(Craig, 1973; Shreve & Wiggins, 1964; Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991)  
*Mammillaria dioica* K. Brandegee, 1897.  
*Erythea* 5: 115. "Chilito"

*Mammillaria fordii* Orcutt, 1902. *Neomammillaria dioica* (K. Brand.) Britton & Rose, 1923. *Chilita fordii* (Orc.) Orc., 1926. *Mammillaria incerta*

Parish, 1936. *Ebnerella dioica* (K. Brand.) Buxbaum, 1951. *Chilita dioica* (K. Brand.) Buxb., 1954. *Mammillaria dioica* (K. Brand.) Buxb, var. *incerta* (*Parishi*) Munz., 1958.

Crasicaule globosa a cilíndrica  
Abril  
julio.

Cerca de piedras en sitios abiertos del matorral. (*Lomas y pastizales*).  
San Diego, California (EE.UU.). Baja California Norte, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa. Núms. 875, 937.

*Mammillaria mazatlanensis* Schumann ex Guerke, 1905.  
*Monats. Kakt.* 155.

"Chilito"

*Mammillaria littoralis* K. Brandege, 1907. *Neomammillaria mazatlanensis* (Schum.) Britton & Rose, 1923. *Neomammillaria occidentales* (Britton & Rose) Ocurtt, 1926. *Chilita mazatlanensis* (Schum.) Ocurtt, 1926. *Chilita occidentales* (Britton & Rose) Ocurtt, 1926. *Mammillaria sinaloensis* Rose y González Ortega, 1929.

Crasicaule  
Marzo, junio y julio (Shreve y Wiggins, 1964).

Cerca de piedras en sitios abiertos del matorral.  
Litorales rocosos y valles.  
Sur de Sonora a Colima.  
Núms. 874, 936.

*Opuntia* (Tournefort) Miller  
(Standley, 1920-26; G. Ortega, 1929; Bravo-Hollis, 1978).  
*Opuntia burrageana* Britton & Rose, 1919.  
*Cactaceae* 1: 70,

"Clavellina".

*Cylindropuntia burrageana* (Britton & Rose) Backeberg, 1958.

Crasicaule de tallo cilíndrico  
Abril-mayo

Sitios abiertos del matorral. Colinas y valles.  
Baja California, islas del Golfo de California, costas de Sinaloa.  
Núms. 876, 939.

*Opuntia fulgida* Engelman, 1856.  
*Proc. Amer. Acad.* 3:

"Velas de coyote"

*Opuntia fígida* Engelman, 1856. *Cylindropuntia fígida* (Eng.) F. Knuth., 1935.

Crasicaule  
Junio-agosto

Arizona (EE.UU.), vertientes del Pacífico en  
Sonora y Sinaloa.  
Núms. S/n, 921, 924.

*Opuntia puberula* Pfeiffer, 1837.  
*Hort. Duck* 361.

"Nopal de culebra", "nopal de tortuga"

*Opuntia maxoni* J. G. Ortega, 1929. *Opuntia halite* Matuda, 1955.

Crasicaule de tallos decumbentes

Matorral xerófilo, asociado con arbustos. Bosque tropical caducifolio.  
Sinaloa, Tamaulipas a Veracruz., Puebla, Guerrero y Oaxaca.  
Núm. 932.

*Opuntia rileyi* I. G. Ortega, 1929. *El Ind. Sinaloa*

*Crasicaule*

*Matorral xerófilo, asociada con arbustos. Bosque tropical caducifolio.*  
Costa de Sinaloa. Endémica de Sinaloa. Núms. 674, 909, 914, 927.

*Opuntia spraguei* J. G. Ortega, 1929, *Fl. Ind. Sinaloa*

Crasicaule

Matorral xerófilo, asociada con arbustos. Bosque tropical caducifolio.  
Costa de Sinaloa.  
Endémica de Sinaloa.  
Núms. 788, 905, 911.

*Opuntia wilcoxii* Britton & Rose, 1919.  
*Cactaceae* 1: 172.

Crasicaule

Matorral xerófilo de la isla, a la sombra de arbustos.  
Sonora a Jalisco.  
Núms, 867, 869, 915, 916, 928.

*Pachycereus* (Berger) Britton & Rose  
(Standley, 1920-26; Shreve & Wiggins, 1964, Bravo-Hollis, 1978).  
*Pachycereus pecten-aboriginum* (Engelmann) Britton & Rose, 1909.  
*Contr. U S Nat. Herb.* 12:422., 1909.

"Echo". "cardón".

*Pachycereus pecten-aboriginum* Engelmann, 1886.  
*Pachycereus tehuantepecanus* MacDougall & Bravo, 1956.

Crasicaule Enero  
a marzo.

Matorral xerófilo (a la sombra de arbustos). Bosque tropical caducifolio.  
Arizona (EE.UU.); Sonora y Baja California hasta Oaxaca, Nayarit, Jalisco, Colima, Guerrero, Michoacán e Islas Marías.  
Núm. 922.

*Peniocereus* (Berger) Britton & Rosse  
(Bravo-Hollis, 1978).

*Peniocereus marianus* (Gentry) Sánchez Mejorada, 1962.  
*Cact. Suc. Mex.* 7: 85.

*Wilcoxia mariana* H. S. Gentry, 1942.

Crasicaule  
Mayo-abril

Matorral xerófilo (poniente de la isla). Laderas rocosas.  
Sonora y Sinaloa.  
Amenazada (NOM-059-ECOL-94). De esta especie sólo se vieron dos individuos en toda la isla. *Núm.* 966.

*Stenocereus* (Berger) Riccobono.  
(Shreve & Wiggins, 1964, Bravo-Hollis, 1978; Hunt, 1992).  
*Stenocereus alamosensis* (J. Coulter) Gibson y Horak, 1978.

"Cina"

*Rathbunia alamosensis* (Coulter) Britton & Rose, 1909.  
*Cereus alamasensis* J. M. Coulter, 1896. *Cereus sonorensis* Runge, 1901. *Rathbunia sonorensis* (Runge) Britton & Rose, 1909. *Cereus pseudosonorensis* Gürke, 1910.

Crasicaule decumbente  
Julio (después de las primeras lluvias).

Matorral xerófilo, poniente de la isla. Suelos aluviales y arenosos de planicies desérticas, llanuras y bajadas.  
Sonora a Nayarit.  
Núm. 956.

*Stenocereus thurberi* (Engelmann) var. *thurberi* Buxbaum, 1961.  
*Bot. St.* 12: 92.

Pitahaya", "pitahayo dulce"

*Cereus thurberi* Engelmann, 1854. *Pilocereus thurberi* Rumpf leí, 1885. *Lemairoocereus thurberi* (Engelmann) Britton & Rose. 1909.

*Marshallocereus thurberi* (Engelmann) Backeb., 1951.  
*Rathhunia thurberi* (Engelmann) P. V. Heath

*Crasicaulis columnar*  
Junio-agosto

Matorral xerófilo, cerca de piedras y a la sombra de arbustos. Laderas y llanuras aluviales. Arizona (EE\_UU.); Sonora, Baja California Sinaloa. Núms. 676, 912.

#### CHENOPODIACEAE

*Atriplex* L.  
(Shreve & Wiggins, 1964).  
*Atriplex barclayana* (Bench.) Dietrr. subesp.  
*barclayana*, 1852.  
Syn. Pl. 5: 537

"Chamizo"

*Obione barclayana* Bench., 1844. *Atriplex barclayana*  
subesp. *tyoica* Hall & Clements, 1923.

Arbustiva decumbente o sufrútice  
Febrero a junio.

Suelos arenosos a la orilla del mar. Suelos salinos.  
Zonas bajas del Desierto Sonorense, Sinaloa. Núms. 731,  
789, 989.

*Salicornia* L.  
(Shreve & Wiggins, 1964). *Salicornia*  
*pacifica* Standley, 1916. *N. Amer. FL*  
21: 83

"Cola de alacrán"

Sufrútice decumbente  
Junio a septiembre.

Medios pantanosos al S de la isla. Zonas salobres. Baja California, Sonora, Sinaloa e islas adyacentes Núm. 771.

#### NYCTAGINACEAE

*Boerhaavia* L.  
(Shreve & Wiggins, 1964).  
*Boerhaavia erecta* L., 1753.  
Sp. 1773.

"Hierba blanca", "golondrina"

*Boerhaavia elongata* Salisb., 1796. *Boerhaavia virginata* H. B. K., 1817. *Boerhaavia discolor* H. B. K., 1817. *Boerhaavia atamaria* Raf., 1840. *Valeriana latifolia* Mart. & Gal., 1844. *Boerhaavia thornberi* M. E. Jones., 1908. *Boerhaavia erecta subesp. thornberi* Standley, 1909.

Herbácea anual  
Julio-abril.

Matorral xerófilo en espacios abiertos\_ Sitios abiertos o perturbados..  
SE de EE.UU. a Arizona; México e Indias Occidentales hasta Sudamérica. Núms. 691, 845, 954.

#### PORTULACACEAE

*Portulaca* L.  
(Shreve & Wiggins, 1964).  
*Portulaca pilosa* L., 1753.

*Portulaca karwinskii* Fisch. y Mey., 1846.  
*Portulaca gagatosperma* Miilsp., 1909.

Herbácea anual Marzo  
a noviembre

Matorral abierto. Llanos y pedregales.  
Sonora y Baja California. Extensamente distribuida en trópicos y subtrópicos, del Golfo de México a Sudamérica.  
Núm. 719.

#### POLYGONALES POLYGONACEAE

*Antigonon* Endl.  
(Standley, 1920-26, Shreve & Wiggins, 1964).

*Antigonon leptopus* Hook. & Am., 1840.  
*Bot. Beechey* 308, p1.69.

"San Miguel", "coronela", "coronilla", "mamasa -  
sal", "rosa de Mayo".

*Antigonon cordatum* Mart. & Gal., 1843.

Trepadora  
Abril a noviembre.

Matorral xerófilo. Pendientes erosionadas cañadas.  
Centro de Baja California, centro de Sonora a  
Chihuahua y Oaxaca. y  
Núm. 715

DILLENIIDAE  
BATALES  
BATIDACEAE

Batis L.  
(Shreve & Wiggins, 1964).  
*Batis maritima* L., 1759.  
*Syst. Nar, Ed. 10, 1380.*

Herbácea perenne  
Marzo-octubre.

Suelos arenosos en playas  
N de California, Texas, Florida, e Islas Hawaianas  
(EE.UU.); Baja California a Tamaulipas y Yucatán.  
Ampliamente distribuida en América tropical. Núm. 786.

MALVALES  
MALVACEAE

*Abutilon* Adans.  
(Standley, 1920-26, Shreve & Wiggins, 1964; Fryxell,  
1988; Cervantes-Aceves, 1992)  
*Abutilon abutiloides* (Jacquin) Garke ex Britton &  
*Wilson, 1923.*  
*Bot. Porto Rico* 5: 547.

"Pelotazo bronco", "colotagiie".

*Sida abutiloides* Jacquin, 1764. *Lavatera americana* L.,  
1759. *Sida lignosa* Cav., 1785. *Sida tricuspidata* Cav.,  
1785. *Abutilon scabrum* S. W., 1889. *Abutilon*  
*dentatum* Rose, 1905.

Arbustiva  
Marzo-agosto

Matorral abierto. Medios secos abiertos.  
Arizona, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima,  
Michoacán, Chihuahua, Durango, Zacatecas, San Luis  
Potosí, Aguas Calientes, Puebla y Coahuila; Indias  
Occidentales.  
Núm. 742

*Abutilon incanum* (Link) Sweet, 1826  
*Hort. Brit. 53.*

"Pelotazo chico", "pelotazo"

*Sida incana* Link, 1822. *Abutilon pringley* var.  
*sinaloensis* Hochretines, 1920. *Abutilon texensis* Torr. &  
Gray, 1838.

Arbustiva  
Abril a noviembre

Matorral abierto, suelo arenoso al S de la isla. Laderas  
rocosas secas, abiertas.  
Baja California, Sonora a Nuevo León, San Luis Potosí  
(México); Hawaii (EE.UU.). Núm. 763.

*Abutilon parishii* S. Wats., 1885.  
*Proc. Amer. Acad. 20: 357.*

Sufrutice Marzo  
a mayo

Matorral abierto, entre piedras. A lo largo de cañadas.  
Arizona y zonas bajas del Desierto Sonorense. Núms.  
647, 708, 878, 977.

*Herissantia* Medikus  
(Fryxell, 1988)  
*Herissantia crispera* (Lineo) Brizicky, 1968.

*J. Arnold Arbor.* 49: 279.

"Pelotazo", "babosilla", "monancillo blanco"

*Sida crista* Lineaus, 1753. *Abutilon crispum* (Lineaus) Medikus, 1787. *Napaea crista* (Lineaus) Moench, 1802. Sinonimia completa en Fryxell, 1988.

Herbácea perenne  
Florece todo el año

Gran variedad de hábitats: bosques, pastizales, dunas costeras y vegetación perturbada. México; trópicos y subtropicos de América y del Viejo Mundo.  
Núms. 737, 992.

Hibiscus L.  
(Standley, 1920-26. Shreve & Wiggins, 1964; Fryxell, 1988; Cervantes-Aceves, 1992). *Hibiscus biseptus* S. W., 1886.  
*Proc. Amer. Acad.* 21: 418.

"Malvita"

Sufrútice  
Abril a octubre

Matorral xerófilo. Arroyos y laderas gravosas, bosque caducifolio.  
Arizona, Chihuahua, Sonora, Baja California, Sinaloa, Nayarit y Jalisco  
Núm. 725.

#### STERCULIACEAE

Ayenia Loef.  
(Standley, 1920-26; Cristobal, 1960; Shreve & Wiggins, 1964).  
*Ayenia wrightii* Robinson, 1891. *Bot. Gaz.* 16\_340.

*Ayenia compacta* Rose, 1905. *Ayenia peninsulares* T. S. Brandegee, 1917.

Sufrútice  
Septiembre-abril

Matorral abierto, entre piedras. Laderas rocosas y cañadas.  
California y Arizona (EE.UU.); Sonora, Baja California y Sinaloa.  
Núms. 716, 994.

Melochia L.  
(Standley, 1920-26, Shreve & Wiggins, 1964).  
*Melochia speciosa* S. Wats., 1889.  
*Proc. Amer. Acad.* 24:42

"Malva"

*Melochia tomentosa* L., 1759. *Melochia plicata* Presl., 1836. *Melochia arida* Rose, 1905.

Arbustiva  
Florece todo el año

Matorral. Laderas rocosas, valles y bosquetes. Sonora y Sinaloa; regiones cálidas del Hemisferio Occidental.  
Núms. 701, 761, 852, 934, 1004.

#### VIOLALES COCHLOSPERMACEAE

Amoreuxia  
(Shreve & Wiggins, 1964; Castillo-Campos Becerra-Zavaleta, 1996).  
*Amoreuxia palmatifida* Sesse & Moc- ex DC., 1825.  
*Prod\_2:* 638.

"Iaya,,

Herbácea perenne Julio-septiembre

Matorral abierto entre piedras. Lomas, suelos rocosos y arcillosos.  
Sur de Arizona (EE.UU.), México hasta Centroamérica y Colombia. Amenazada (NOM-059-ECOL-94) Núms. 645, 690, 862.

## CUCURBITACEAE

Ibervillea  
(Shreve & Wiggins, 1964). *Ibervillea  
sonorae* Greene, 1895.

"Melón de coyote"

Trepadora o rastrera  
Julio-septiembre

Matorral, bajo arbustos en la base de la isla. Valles  
intermontanos y planicies desérticas. Baja California,  
Sonora y Sinaloa. Núms. 890, 943, 953, 964.

## PASSIFLORACEAE

*Passiflora L.*  
(Shreve & Wiggins, 1964).  
*Passiflora foetida L.* var. *gossypifolia* (Desv.) Masters,  
1871.

*Trans. Linn. Soc.* 27: 631.

"Pasionaria"

*Passiflora gossypifolia Desv., 1825. Dysosmia  
gossypifolia M. Roem., 1846.*

Trepadora Marzo a  
octubre

Matorral, sobre arbustos de *Euphorbia* y *Bursera*. Suelos  
*rocosos o arenosos* y siguiendo cursos de *agua*.  
Texas a Sonora hasta Sudamérica e Indias Occidentales\_  
Núms. s/n, 920, 935, 960.

## CAPPARALES

### CAPPARIDACEAE

Forchammeria Liebn.  
(Standley, 1920-26, Shreve & Wiggins, 1964).  
*Ferchammeria watsonii* Rose, 1895\_  
*Contr. U S. Nat. Herb.* 1: 302, pls. 24-25.

"Palo San Juan", "palo jito" (Sonora y Sinaloa)

Arbórea Marzo  
a abril.

Matorral abierto, en ladera oriental de la isla. Lomas  
desérticas; suelos pedregosos, Baja California, Sonora y  
Sinaloa. Núms, s/n, 736.

## ROSIDAE

### FABALES

#### CAESALPINACEAE

*Caesalpinia L.*

(Standley, 1920-26; Shreve & Wiggins, 1964).  
*Caesalpinia platyloba S. Wats., 1886.*  
*Proc. Amer. Acad.* 21: 425.

"Palo colorado", "areyano"

*Brasilettia platyloba Britt. 6 Rose, 1930.*

Arbustiva o arbórea  
Julio a septiembre

Pendientes gravosas y laderas.  
Chihuahua y Sonora hasta Colima, San Luis Potosí y  
Oaxaca.  
Núm. 760.

*Haematoxylon L.*

(Standley, 1920-26; Shreve & Wiggins, 1964; McVaugh,  
1987).

*Haematoxylon brasiletto Karst., 1862-69.*  
*Fl. Columb.* 2: 27, pl. 114

"Brasil", "palo de brasil"

*Haematoxylon boriale S. Wats, 1886.*

*Arbustiva*  
Epoca de lluvia (Julio-septiembre).

Laderas pedregosas.  
Sonora a Chihuahua; Baja California a Oaxaca y  
Morelos; Guatemala a Colombia. Núms. 946, 979.

## FABACEAE

## Coursetia DC

(Standley, 1920-26; Shreve & Wiggins, 1964;

McVaugh, 1987).

*Coursetia glandulosa* A. Gray, 1861.

*Proc. Amer. Acad.* 5: 156.

"Sarro", "chino", "cojusamo"

*Coursetia microphylla* A. Gray, 1882. *Coursetia seleri* Harms, 1923.

*Arbustiva*

Marzo a abril

Matorral abierto. Laderas, arroyos y cañadas con *Bursera*, *Crown* e *Ipomoea arborescentes*. Arizona (EE.UU.); Baja California, Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Nayarit, Zacatecas, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Puebla. Núms. 700, 750, 784, 785, 816, 887, 896.

*Diphysa* Jacq.

(Shreve y Wiggins, 1964; McVaugh, 1987)

*Diphysa occidentalis* Rose, 1909. *Contr. U. S.*

*Nat. Herb.* 12: 271.

"Guiloche"

Arbustiva o arbórea

Abril a julio

Suelos planos con matorral denso en la cima de la isla. Laderas rocosas y pendientes gravosas erosionadas del Desierto Sonorense. En pie de monte con *Bursera* y *Senna* y en sabanas con

*Crescentia*.

Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco,

Michoacán y Guerrero.

Núm. 961

Colima,

(Standley, 1920-26, Shreve & Wiggins, 1964; McVaugh, 1987).

*Acacia acatlensis* Benth., 1842.

*Lond. Jour. Bot.* 1.: 513.

"Guayacole" (Mich.)

*Acacia sericea* Mart. & Gal., 1843, *Acacia pueblensis* T. S. Brandegee, 1910. *Senegalis acatlensis* (Benth.) Britt. Y Rose, 1928.

Arbórea Febrero-  
mayo

Laderas secas con *Bursera*, *Lysiloma*, *Ceiba*, *Ipomoea*, y cactus columnares. Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Guanajuato, Puebla, Veracruz, Yucatán-  
Núm. 886.

*Acacia cochliacantha* Humb. y Bonpl. ex Willd., 1806.

*Sp. Pl.* 4: 1081.

"Güinole", "huinole", "vinolo"

*Mimosa campecheana* Mill., 1768. *Acacia cymbiacantha* Zucc. ex Benth., 1875. *Acacia cochliacantha* S. Watson, 1886. *Acacia cymbispina* Sprague & Riley, 1923. *Popomax cymbispina* Britt. y Rose, 1928

Arbórea

Mayo a noviembre.

Lomas rocosas y arenosas.

Baja California, Sonora, Chihuahua, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, México, Veracruz, Puebla, Oaxaca y Chiapas; Sudamérica. Núms. 729, 764.

*Acacia millefolia* S. Wats., 1886.

*Proc. Amer. Acad.* 21: 427

"Culuncuahui", "tepemezquite blanco"

Arbórea Julio-  
agosto.

## MIMOSACEAE

*Acacia* Mill.



Matorral denso. Cañadas rocosas y laderas.  
Sureste de Arizona (EE.UU.), Sonora, Sinaloa y  
Chihuahua.  
Núms. 894, 904, 959, 970.

Mimosa L.  
(Standley, 1920-26; Shreve & Wiggins, 1964). *Mimosa  
dysocarpa* var. *wrightii* (A. Gray) Kearney & Peebles,  
1939.  
. *Jour. Wash. Acad.* 29: 482.

"Gatuño"

Arbustiva o arborea  
Julio a septiembre

Matorral abierto. Cañadas y colinas.  
Texas y Arizona (EE.UU.), Sonora, Chihuahua, Durango.  
Núms. 735, 841, 849.

Zapoteca H. M. Hem.  
(Standley, 1920-26; Shreve & Wiggins, 1964; McVaugh,  
1987; Hernández, 1986, 1989. White, 2000).  
*Zapoteca Formosa* (Kunth.) H. M. Hernández, 1986.  
*Lond. Journ. Bot.* 3: 98.

"Tepeguaje"

*Acacia formosa* Kunth, 1819-24\_ *Acacia gracilis* Mart.  
& Gal., 1843. *Calliandra formosa* (Kunth.) Benth., 1844.  
*Calliandra coulteri* S. Wats., 1882. *Calliandra  
penduliflora* Rose, 1899. *Anneslia formosa* (Kunth.) Britt. y  
Millsp., 1920. *Anneslia penululi flora* (Rose) Britt. y Rose,  
1928. *Anneslia gracilis* Britton & Rose, 1928. *Calliandra  
gracilis* Standley, 1929. *Calliandra gentryi* Standl., 1937.  
*Calliandra rosei* Wiggins, 1950

Arbustiva Julio a  
agosto

Sonora a México.  
Núms. 753, 891, 969, 970.

*Desmanthus* Willd.  
(Standley, 1920-26; Shreve & Wiggins, 1964)\_  
*Desmanthus covillei* (Britton & Rose) Wiggins & Turner.  
1950 var. *covillei*  
*Field & Lab.* 18: 128.

"Mautillo"

*Acuan covillei* Britton & Rose, 1928.

Arbustiva  
Agosto a octubre

Matorral denso. Laderas, entre cantos rodados.  
N de la Sierra La Giganta, Baja California, Sonora y  
Sinaloa.  
Núms. 706, 784.

*Pithecellobium* Mart.  
(Standley, 1920-26; Shreve & Wiggins).  
*Pithecellobium sonorae* S. Wats., 1889  
*Jour. Amer. Acad.* 24: 49.

"Palo gato"

*Havardia sonorae* Britton & Rose, 1928.

Arbustiva  
Julio a septiembre

Matorral denso. Arroyos, lomas bajas y llanos.  
Sonora y Sinaloa.  
Núm. s/ n., 1001.

#### RHIZOPHORALES RHIZOPHORACEAE

*Rhizophora* L.,  
(Standley, 1920-26).  
*Rhizophora mangle* L. 1753  
*Sp. Pl.* 443

"Mangle", "candelón"

Arborea  
Enero a marzo

Medios pantanosos a la orilla del mar.

Costas mexicanas del Atlántico y del Pacífico.  
Ampliamente distribuido en América tropical. Amenazada  
(NOM-059-ECOL-94) Núm. 769.

EUPHORBIALES  
EUPHORBIACEAE

Croton L.  
(Standley, 1920-26, Shreve & Wiggins, 1964).  
*Croton fragilis* H. B. K., 1817. *Nov. Gen. Sp.* 2:  
75.

"Vara blanca"

*Croton sericeus* Schlectht., 1786?

Arbustiva  
Marzo a octubre

Matorral denso. Lomas rocosas y cañadas.  
Sonora a Veracruz, Oaxaca, Chiapas y Michoacán;  
Sudamérica.  
Núms. 724, 945, 965.

Ditaxis Walp. & Juss.  
(Standley, 1920-26; Shreve & Wiggins, 1964). *Ditaxis*  
*neomexicana* (Muell. Arg.) Heller, 1898. *Cat. N*  
*Amer. Pl.* 5.

*Argyrothamnia nao-mexicana* Muell. Arg., 1865.

Herbácea anual o perenne de vida corta  
Florece todo el año

Laderas rocosas y aluviones arenosos, desérticos.  
California a Texas (EE.UU.), Baja California y Sonora  
(México).  
Núm. 729.

Euphorbia L.  
(Standley, 1920-26; Shreve & Wiggins, 1964; Steinmann y  
Felger, 1997).  
*Euphorbia californica* var. *californica* Benth, 1844.  
*Bat. Sulph.* 49 Pl. 23, fig. B: B.-15.

"Zipehui"

*Trichosterigma californicum* Kl & Garcke, 1860.  
*Euphorbia comoduana* Millsp., 1889,

Sarcocaulis  
Marzo-abril

Matorral. Suelos arenosos a gravosos, lomas y aluviones  
desérticos.  
Baja California, Sonora y Sinaloa.  
Núms. 643, 692, 722.

*Euphorbia californica* var. *hindsiana* (Benth.) Wiggins,  
1955.  
*Contr. Dudley Herb.* 4: 346.

"Zipehui",

*Euphorbia hindsiana* Benth. 1844, *Trichosterigma*  
*hindsianum* Kl & Garcke, 1860.

*Sarcocaulis*  
En época de lluvias

Matorral xerófilo. Suelos arenosos a gravosos, en lomas y  
aluviones desérticos.  
Cabo San Lucas (Baja California Sur) y norte de Sinaloa.  
Shreve y Wiggins (1964) refieren que es endémica de BCS.  
Núms. 693, 842.

*Euphorbia pediculifera* Engelm., 1858 var. *pediculifera*.  
*Bra. Mex. Bound.* 186.

"Golondrina"

*Euphorbia pediculifera* var. *typica* L. C. Wheeler, 1936.

Rastrera o decumbente  
Febrero a septiembre

Matorral xerófilo al S de la isla (se vieron sólo tres  
ejemplares). Deslaves secos. Arizona (EE.UU.); Baja  
California a Sonora y Sinaloa.

Núm. 998.

*Euphorbia tomentulosa* S. Wats, 1887. *Proc. Amer. Acad. Arts* 22: 476.

"Golondrina"

*Chamaesyce tomentulosa* (S. Watson) Millsp., 1916.

Arbustiva Septiembre  
a mayo

Matorral abierto, entre piedras. Zonas bajas del Desierto de Sonora, de San Felipe a Rosa rito (Baja California), Sonora y norte de Sinaloa. Núms. 644, 695, 780, 843.

*Jatropha* L.  
(Standley, 1920-26; Shreve & Wiggins, 1964).  
*Jatropha cinerea* (C. G. Ortega) Muell. Arg., 1866. *Prodr.* 15: 1078.

"Sangregrado", "lomboi", "torotito"

*Mozinna cinerea* C. G. Ortega, 1798. *Mozinna canescente* Benth., 1844. *Jatropha canescente* Muell. Arg., 1866.

Sarcocaulé  
Agosto a noviembre y abril

Matorral denso. Planicies, laderas y mesetas. Texas (EE.UU.), Sonora, Baja California y Sinaloa. Núms. 713, 851, 926, 941, 994.

*Jatropha cuneata* Wiggins & Roll., 1943. *Contr. Dudley Harb.* 3: 272, pl 62, fig: 1

*Sarcocaulé*  
Julio-agosto.

Matorral xerófilo. Mesetas y laderas secas. Arizona (EE.UU.); Sonora y B. California. Núms. 758, 812, 847, 855.

Manihot Adans  
(Standley, 1920-26; Shreve y Wiggins, 1964).  
*Manihot angustiloba* (Torr.) Muell. Arg., 1866.  
*Prod.* 15<sup>1</sup>: 1073.

*Janipha manihot* var. *angustiloba* Ton, 1859.

Sufrútice o arbustiva  
Junio a octubre

Matorral abierto. Planicies secas, arroyos, laderas, pendientes y aluviones. Arizona (EE.UU.), E de Chihuahua, Sonora a Oaxaca. Núms. 710, 863, 948.

*Phyllanthus* L.  
(Steinmann y Felger, 1997).  
*Phyllanthus evanescens* Brandegee, 1905.  
*Zoe* 5: 207.

Herbácea anual  
Julio-noviembre

Cavidades entre piedras y rocas, N de la isla. Baja California Sur, Sonora y Sinaloa hasta Nicaragua. Núms. 738, 879, 967.

## RI IAMNALES RHAMNACEAE

*Zizyphus* Mill.  
(Standley, 1920-26; Shreve & Wiggins, 1964).  
*Zizyphus sonorensis* S. Wats., 1889.

"Manche de la costa", "aceituna"

*Zizyphus seleri* Loesener, 1909. *Zizyphus enddichii* Loesener, 1909.

Arbustiva  
Agosto a septiembre

Borde rocoso N de la isla. Planicies secas y arroyos. BCS y Sonora hasta Jalisco y Oaxaca. Ejemplar único en la isla. N. mm. 978\_

VITACEAE

Cissus L.  
(Standley, 1920-26; Shreve y Wiggins, 1964; USDA NRCS, 1999)  
Cissus mavoensis Gentry, 1942.  
Carnegie Inst. Wash. Pub. No. 527: 175.

Trepadora  
Julio a septiembre

Matorral xerófilo con Euphorbia.  
Sonora.  
Núms. 703, 962, 947, 975, 883, 980.  
Sinaloa a Oaxaca y Veracruz; México a Centroamérica.

Cissus trifoliata (L.) L., 1759.  
Dvst. Mat. ed. 10 : 897

Mayo-agosto

Matorral xerófilo. Caladas y a lo largo de arroyos.  
Arizona, Sonora, Baja California, Oaxaca, Yucatán.  
Núm. 995

POLYGALALES

MALPIGHIACEAE

Gaudichaudia H. B. K.  
(Standley, 1920-26; Small, 1910)  
Gaudichaudia aff. schiedeana Juss., 1844.  
Arch. Mus. Hist. Nat. (Paria) 3: 591.

"Chilillo"

Gaudichaudia albida Schlecht. & Chant., 1830.  
Gaudichaudia palmeri S. Wats., 1855. Triopteris sericea Schlecht., 1836. Janusia mexicana T. S. Brandegee, 1905.

Escandente  
Julio a noviembre

Matorral xerófilo abierto. Laderas rocosas\_

Núm. 854.

Janusia Juss.  
(Shreve & Wiggins, 1964, Small, 1910).  
Janusia californica Benth., 1844.  
Bat. Sulph. 8. Pl. 4.

"Quechesohui"

Escandente  
Enero a septiembre

Matorral abierto.. Pendientes gravosas y arrollos, lomas rocosas\_  
Baja California, Sonora y Sinaloa.  
Núms. 733, 157, 981, 988.

Sycos trifoliata L., 1753. Cissus acida L., 1762.  
Malpighia L.  
Trepadora

(USDA NRCS, 1999)  
Malpighia emarginata Sessé & Moc. ex DC., 1824.  
Prodr. 1: 578

"Cerezo de barbados"

Arbustiva o arborea

Malpighia retusa Benth., 1844.

Veracruz (México), Antillas, Costa Rica, Ecuador.

Núm. 987.

Mascagnia Bertero  
(Standley, 1920-26; Shreve & Wiggins, 1964, Small, 1910).  
Mascagnia macroptera (Sessé & Mocc.) Niedenzu, 1908,  
Gen. Masc. 27.

"Matanene", "bejuco prieto",

Hiraea macroptera Sessé & Moc. Ex DC., 1824.  
Hiraea septentrionalis Juss., 1840. Hiraea greggii S. Wats., 1882. Hiraea mexicana Rose, 1815.  
Mascagnia septentrionalis Niedenzu. 1896.

Escandente o abustiva erecta  
Estación lluviosa

Matorral abierto. Deslaves rocosos, laderas y valles  
arenosos.  
Baja California, Sonora, Sinaloa a Tamaulipas, Nuevo  
León e Hidalgo.  
Núms. 718, 877, 900, 903.

*Thryallis* L.  
(Standley, 1920-26; Shreve & Wiggins, 1964, Small,  
1910).  
*Thryallis angustifolia* (Bent.) Kuntze, 1891. *Rev.*  
*Gen. Pl. 1: 89.*

*Galphimia angustifolia* Benth., 1844. *Galphimia linifolia*  
A. Gray, 1849. *Galphimia linifolia* var. *oblongifolia* A.  
Gray., 1852. (*Galphimia angustifolia* var. *oblongifolia* S.  
Wats, 1889. *Thryallis linifolia* Kuntze., 1891. *Thryallis*  
*angustifolia oblongifolia* Vail, 1895.

Arbustiva Septiembre a  
marzo

Matorral abierto, cerca de piedras. Pendientes gravosas y  
rocosas, arroyos.  
Texas (EE.UU.),- Baja California, Sonora a México,  
Tamaulipas.  
Núms. 646, 848, 923.

#### SAPINDALES

##### BURSERACEAE

*Bursera lacq.*  
(Shreve & Wiggins, 1964). *Bursera*  
*laxiflora* S. Wats., 1889. *Proc.*  
*Amer. Acad. 24: 44.*

"Copal", "torote", "torotillo"

*Terebinthus laxiflora* Rose, 1909. *Euphorbium laxiflorum*  
Rose, 1911. *Bursera concinna* Sandw.,  
1926.

Sarcocaula  
Septiembre a diciembre  
Sonora y Sinaloa.  
Núm. 694.

#### SAPINDACEAE

*Paullinia* L.

Matorral xerófilo. Laderas rocosas.

(Standley, 1920-26; Shreve & Wiggins, 1964).  
*Paullinia sonorensis* S. Wats. 1889.  
*Proc. Amer. Acad. 24: 45*

Arbustiva  
Agosto a noviembre

Matorral xerófilo. Pendientes rocosas, cañadas secas.  
Sonora y Baja California.  
Núms. 754, 958, 984.

#### ZYGOPHYLLACEAE

*Guaiacum* L.  
(Shreve & Wiggins, 1964; Vail & Rydberg, 1910).  
*Cuaiacum coulteri* A. Gray., 1855.  
*Pl. T h u r h . 312.*

"Guayacán", "árbol santo' *Guaiacum*

*afium* Sessé y Moc., 1894.

Arbustiva  
Marzo a julio

Matorral abierto, E de la isla. Pendientes gravosas  
y planicies.  
Sonora, Sinaloa, Tepic a Guerrero, Oaxaca.  
Amenazada (NOM-059-ECOL-94). Núm. 918.

#### ASTERIDAE GENTIANALES

##### ASCLEPIADACEAE

*Marsdenia*  
(Standley, 1920-26; Shreve & Wiggins, 1964)  
*Marsdenia edulis* S. Wats., 1889.  
*Proe. Amer. Acad. 24: 61.*

"Talayote,,

Es candente  
Marzo a noviembre

Bosquete de *Acacia*, *Cordia* y *Mimosa* al N de la isla.  
Arrollos y laderas rocosas.  
Sonora, Sinaloa, Chihuahua, Nuevo León.  
Núms. 895, 971, 973.

Metastelma R. Br.  
(Standley, 1920-26, Shreve & Wiggins, 1964).  
*Metastelma pringlei* A. Gray, 1886. *Proc. Amer. Acad.* 21: 396.

Escandente  
Después de la estación lluviosa

Matorral abierto.  
Chihuahua, Coahuila, Durango, Baja California (?).  
Núms. 711, 881, 963.

## SOLANALES CONVOLVULACEAE

*Evolvulus* L.  
(Shreve & Wiggins, 1964).  
*Evolvulus alsinoides* L. var. *acapulcensis* (Willd.) v.  
*Ooststr.* 1934.  
*Madedeel. Bot. Mus. & Herb. Rijks Univ. Utrecht* 14  
.34

"Ojo de vívora"

*Evolvulus acapulcensis* Willd., 1820.

Herbácea perenne  
Marzo a diciembre

Matorral abierto, entre piedras. Lomas rocosas.  
Sur de Arizona a Texas (EE\_UU.); Baja California, Sonora,  
Chihuahua, S de México. Núms. 696, 726, 739, 783, 846,  
933.

*Ipomoea* L.  
(Standley, 1920-26; Shreve & Wiggins, 1964). *Ipomoea*  
*arborescens* (Humb. & Bonpl.) G. Don, 1838.

*Bot. Sulph.* 135.

"Palo santo" "palo blanco" "palo bobo".

*Convolvulus arborescens* Humb. & Bonpl., 1809.  
*Convolvulus quahutzehual* Sessé & Moc., 1887A *rygreia*  
*oblonga* Benth., 1844. *Ipomoea arborescens* var. *glabrata*  
Gentry, 1942.

Arbórea  
Noviembre a marzo

Matorral xerófilo. Lomas rocosas o gravosas.  
Sonora a Morelos y Veracruz; El Salvador. Núms.  
704, 732, 749, 782, 897.

*Ipomoea aff scopulorum* Brandege, 1903.  
*Zoe.* 5: 169.

Escandente  
*Septiembre a diciembre*

Matorral abierto, entre rocas.  
Baja California, Sonora, Mazatlán (Sinaloa).  
Núms. 727, 858\_

*Jacquemontia* Choisy.  
(Shreve y Wiggins, 1964). *Jacquemontia*  
*pringlei* A. Gray, 1882.  
*Proc. Amer. Acad.* 17: 227

*Jacquemontia pringlei* var. *glabrescans* A. Gray, 1886.

Escandente  
Agosto-octubre

Matorral abierto\_ Cañadas y lomas rocosas.  
Arizona, Sonora y Chihuahua a Oaxaca; El Salvador.  
Núms. 734, 853.

## SOLANACEAE

*Solanum* L.  
(Shreve & Wiggins, 1964). *Solanum*  
*amazonium* Ker., 1815.  
*Bor. Reg.* 1: pl. 7 l.

"Mala mujer", "saca manteca".

*Solanum obtusifolium* Schlecht., 1830. *Solanum veraecrucis* Steudel, 1841.

Arbustiva Agosto  
a mayo

Matorral xerófilo. Cañones, laderas rocosas, valles, arvense a orilla de carreteras.

Sonora y Chihuahua hasta Oaxaca, Campeche, Zacatecas y Yucatán.

Núms. 702, 850, 930, 952, 103.

#### LAMIALES

##### AVICENNIACEAE

*Avicennia* L.

(Shreve & Wiggins, 1964). *Avicennia germinans* (L.) L., 1764. *Sp. Pl.*, ed. 3, 891.

"Puyeque", "mangle blanco".

*Honda germinan* L., 1759. *Avicennia nitida* Jacq., 1760.

Árborea  
Mayo julio

Zona de marea en suelo arenoso.

Sur de Florida y Sureste de Texas (EE.UU.); Bermudas; Bahamas; México; Indias Occidentales hasta las costas de Brasil y Perú, Galápagos. Núms. 768, 812.

##### BORAGINACEAE

*Cordia* L.

(Standley, 1920-26; Srehe & Wiggins, 1964).

*Cordia brevispicata* Mart. & Gal., 1844,  
*Bull. Acad. Brux.* 112 : 331.

*Cordia palmeri* S. Wats., 1889. *Cordia socorrensis*

Brandege, 1899

Octubre-abril

Bosquete con *Mimosa* y *Acacia* al N de la isla. Cañadas y arroyos gravosos o rocosos.

Baja California y Sonora a Chiapas, Morelos y Yucatán; Centro y Sudamérica. Núms. 717, 723, 787.

Arbustiva

*Cordia sonorae* Rose, 1891.

*Contr. U.S. Nat. Herb.* 1: 106, pl. 9.

"Asta", "palo asta".

Árborea  
Marzo a mayo

Bosquete de *Mimosa* y *Acacia* al N de la isla. Lomas, a lo largo de arroyos y cañadas. Guaymas (Sonora) a Guerrero. Núm. 714.

##### VERRENACEAE

*Lantana* L.

(Standley, 1920-26; Srehe & Wiggins, 1964).

*Lantana canara* L., 1753.

*Sp. Pl.* 627.

"Confituria", "confite", "zarza-mora".

*Lantana aculeata* L., 1753. *Lantana horrida* H. B. K., 1818. *Lantana hirsuta* Mart. & Gal., 1844, *Lantana povacantha* Schauer, 1847.

Arbustiva Época  
de lluvia

Matorral xerófilo. Campos de cultivo, bosquetes, matorrales, lomas gravosas y planicies aluviales. México y América tropical. Naturalizada en el Viejo Mundo.

Núms. 705, 721.

##### SCHROPHULARCALES

##### ACANTHACEAE

*Carlowrightia* A. Gray

(Standley, 1920-26; Shreve & Wiggins, 1964).  
*Carlowrightia arizonica* A. Gray, 1878. *Proc. Amer. Acad.* 13: 364.

"Rama toro"

Sufrútice  
Marzo a mayo

Pendientes pedregosas y secas, laderas y márgenes aluviales.  
Sur de Arizona (EE.UU.) y zonas adyacentes con México (Sonora y Sinaloa).  
Núms. 766, 997.

Elytraria Michx.  
(Standley, 1920-26, Shrove & Wiggins, 1964).  
*Elytraria imbricata* (Vahl) Pers., 1805.  
*Syn. Pl.* 1: 23.

"Anisillo", "cordoncillo", "pie de gato".

.Justicit *imbricata* Vahl, 1796. *Verbena squamnsa* Jacq., 1797. *Elytraria tridentata* Vahl, 1804. *Elytraria scorpioides* Roem. & Sch., 1822.  
*Elytraria squamosa* Lindau, 1895.

Herbácea perenne, acaule o de tallo corto  
Septiembre-marzo.

Matorral abierto, suelo arenoso al S de la isla. Pendientes rocosas y secas.  
Sur de Arizona a Texas (EE.UU.), México, Centroamérica, Indias Orientales, Islas Filipinas. Núms. 765, 996.

Dicliptera Juss.  
(Wiggins, 1980).  
*Dicliptera formosa* Brandege, 1891 *Proc. Calif A cad Sci. ser. 2, 3: 162*

Herbácea Mayo-septiembre

Matorral denso, sombra de arbustos. Laderas rocosas, a lo largo de arroyos.  
California  
Núms. 751, 767, 884.

#### SCROPHLULARIACEAE

Stemodia L.  
(Shreve & Wiggins, 1964).  
*Stemodia pusilla* Benth., 1844.  
*Rot. Sulph*, 144.

Herbácea anual  
Noviembre-febrero

Matorral xerófilo, sobre piedras a la sombra de arbustos. Paredes de cañadas, a lo largo de arroyos. Baja California, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco. De esta especie se encontraron tres individuos. Núm. 1005,

#### RUBIALES

##### RUBIACEAE

Randia L.  
(Standley, 1920-26).  
*Randia mitis* L.,  
1753. *Sp. Pl.* 1192.

"Crucecilla de la costa", "papachillo".

*Randia aculeata* L., 1753. *Randia latifolia* Lam., 1789. *Mussaenda rotundifolia* Sessé & Moc., 1894.

Arbustiva  
Época de lluvias

Matorral xerófilo.  
Sinaloa, Tamaulipas(L), México, Oaxaca; Antillas, Panamá y Colombia.  
Núm. 955.

#### ASTERALES

##### ASTERACEAE

Brickellia Ell.  
(Standley, 1920-26; Shreve & Wiggins, 1964; Wiggins, 1980).  
*Brickellia aff. brandegei* B.L. Robinson, 1917.  
*Mam. Gray\_Herb.* 1: 106.

Herbácea perenne



Septiembre a enero

Matorral denso, a la sombra de arbustos. Lomas y aluviones secos.  
Baja California (Sierra La Giganta a Región de Los Cabos), Sonora (y Sinaloa).  
Wiggins (1980) aduce que esta especie es endémica de Baja California.  
Núm. 892.

*Brickellia coulteri* A. Gray, 1852. *Pl. Wright. 1: 86.*

*Coleosanthus coulteri* Kuntze, 1891.

Sufrútice Septiembre  
a mayo

Matorral xeráfilo. Pendientes secas y rocosas. Arizona (EE.UU.); Baja California y Sonora hasta Puebla.  
Núms. 699, 752, 885.

*Brickellia aff rhoinboidea* Greene, 1890.  
*Pittania 2: 103.*

*Brickellia, floribunda* S. Wats, 1889. *Coleosanthus rhomboideus* Greene, 1893.  
Sur de Arizona (EE. U U\_), introducida a Sonora y Baja California.  
Núms. 778, 781.

Sufrútice

Julio a octubre

Bosquete de *Cordia*, *Acacia* y *Mimosa*. Lomas rocosas.  
*Esta especie sólo es citada de la vecindad de islas Guaymas (Sonora) e protegidas (Shreve y Wiggins, 1964). Núm. 720.*

Pectis L.

(Shreve & Wiggins, 1964). *Pectis palmeri* S. Wats., 1889. *Proc. Amer. Acad. 24: 58.*

Herbácea anual  
Febrero a octubre

Matorral abierto con *Agave*, *Euphorbia* y *Opuntia*.

*Perityle* Benth.  
(Standley, 1920-26; Shreve & Wiggins, 1964; Wiggins, 1980).

*Perilyle aurea* Rose, 1890.  
*Contr. U. S. Nat. Herb. 1: 84.*

Herbácea anual  
Octubre a mayo

Matorral abierto. Entre rocas y grietas de acantilados. Sonora y centro de Baja California.  
Esta especie es considerada endémica de BC por Wiggins (1980).  
Núm. 757.

*Perityle californica* Benth., 1844. *Bat. Su/ph. 23.*

*Perilyle plumigera* Harv. & Gray, 1849.

Herbácea anual  
Octubre-abril

Matorral abierto. Suelos gravosos, en laderas cerca de rocas, en acantilados costeros. Baja California, Sonora y Sinaloa Núm. 781.

*Perityle palmeri* S. Wats., 1889.  
*Proc. Amer. Atad. 24: 57.*

*Leptopharynx cordifolia* Rydb., 1914. *Leptopharynx palmeri* Rydb., 1914. *Perilyle cordifolia* S. F. Blake, 1926.

Herbácea perenne  
Octubre a marzo

Acantilado N de la isla con influencia de brisa. Cañadas y pendientes pedregosas. Sonora y Sinaloa Núm. 899.

LILIOPSIDA  
COMMELINIDAE  
COMMELINALES  
COMMELINACEAE

Commelina L.  
(Shreve & Wiggins, 1964, Hunt, 1994).  
*Commelina erecta* L., 1753. *Sp. Pl.* 41.

"Espuelitas", "hierba del pollo", "metaliste".

*Commelina alegans* Kunth., *Commelina virginica* acct.

CYPERALES

Aristida

Herbácea anual  
Agosto-diciembre  
Matorral denso, sombreada por arbustos. Zanjias,  
arroyos y charcas intermitentes.  
Arizona a Colorado (EE.UU.); Baja California y Sonora  
hasta el sur de México.  
Núm. 728.

(Shreve & Wiggins, 1964;  
Hitchcock, 1971; McVaugh, 1983;  
Davidse *et al.*, 1994). *Aristida*  
*adscensionis* L., 1753.  
*Sp. Pl.* 82.

POACEAE

"Zacate de tres barbas"

*Aristida interrupta* Cav., 1799. *Chaetaria adscensionis*  
Beauv., 1812. *Aristida coarctata* H. B. K., 1816. *Aristida*  
*bromoides* H. B. K., 1816. *Aristida adscensionis* var.  
*coarctata* (I-1: B.K.) Kuntze, 1898. *Aristida adscensionis*  
var. *modesta* Hack ex Stuckert, 1904.

Herbácea anual  
Julio-noviembre

Matorral abierto. Medios abiertos secos, laderas,  
pastizales, bosques abiertos de pino-encino,

matorral o bosque tropical caducifolio con *Opuntia* e  
*Ipomoea*; con frecuencia en sitios perturbados SO de  
EE.UU., casi en todo México, Indias Occidentales;  
Sudamérica; medios secos del Viejo Mundo, de donde  
probablemente se introdujo a América (Pohl y Davidse,  
1994). Núm. 985.

*Aristida ternipes* Cav., 1799. *l.c.*  
5: 46

"Zacate"

*Streptachne scabra* H. B. K., 1816. *Aristida scabra*  
Kunth, 1829. *Aristida floridana* Beetle, 1977.

Herbácea perenne  
Agosto a noviembre

Matorral abierto con *Euphorbia*. Lomas rocosas. Arizona y  
Nuevo Mexico (EE.UU.); México a Sudamérica.  
Núm. 697.

*Bouteloua* Lagasca  
(Shreve & Wiggins, 1964; McVaugh, 1983).  
*Bouteloua barbata* Lag., 1805.  
Var. *Cienc.* 4: 141.

Herbácea anual  
Julio a noviembre

Matorral con *Jatropha*, *Ezmphorbia* e *Ipomoea*. Sitios  
abiertos y lomas rocosas.  
California a Utah y Texas (EE.UU.), México; Argentina.  
Núms. 759, 861, 990.

*Enteropogon* Nees  
(Shreve & Wiggins, 1964; McVaugh 1983; Pohl y Davidse,  
1994).  
*Enteropogon chlorideus* (J. S. Prest.) W. Clayton, 1982.  
*Kew. Bul.* 37:419.

"Zacate"

*Dinebra chloridea* Presl., 1830. *Gymnopogon longifolius* Fourn., 1886. *Chloris longifoha* (Fourn.) Vasey, 1893. *Chloris clandestina* Scribn. & Merr., 1901. *Chloris chloridea* (Presl.) Hitchc., 1928.

Herbácea perenne  
Todo el año

Matorral denso. Sitios abiertos en laderas húmedas o secas, campos de cultivo y orilla de caminos. Arizona y Texas (EE.UU.); Baja California, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Guanajuato, Jalisco, Colima, Morelos, Oaxaca, Veracruz, S. L. P., N. L. Tamaulipas, Chiapas; Centroamérica (Nicaragua y Venezuela).  
Núms. S/n, 986.

*Leptochloa* Beauv.  
(Shreve & Wiggins, 1964; McVaugh, 1983; Pohl y Davidse, 1994).  
*Ieptochloa filiformis* (Lam.) Beauv., 1812. *Ess. Agrost.* 71: 161, 166.

"Zacate delgado", "zacate liendrilla", "navajita anual" (Chih.).

*Festuca filiformis* Lam., 1791. *Leptochloa mucronata* Kunth., 1829. *Eleusine mucronata* Michaux. 1803.

Herbácea anual  
Todo el año

Matorral abierto. Arvense.  
Sur de California a Kansas y Virginia (EE.UU.); México; Centroamérica, Antillas, Sudamérica. Introducida en Africa y Australia. Núms. 709, 864.

*Monanthochloe* Engelm.  
(Shreve & Whiggins, 1964; Wiggins, 1980).  
*Monanthochloe littoralis* Engelm, 1859.  
*Trans. Acad. St. Lois* 1: 437.

Herbácea perenne  
Mayo junio

Medios pantanosos en la zona costera.  
Sur de California, Texas, Florida (EE.UU.); NdeMéxico; Cuba  
Núm. 770.

*Panicum* L  
(Shreve & Wiggins, 1964; McVaugh, 1983; Davidse y Pohl, 1994).  
*Urochloa fasciculata* (Sw.) R. Webster, 1987.  
*Austral Paniceae* 235..

*Panicum fasciculatum* Swartz, 1788. *Panicum fúscum* Swartz, 1788. *Panicum fastigiatum* Poir., 1816. *Brachiaria fasciculata* (Sw.) Parodi, 1969.

Herbácea anual  
Julio-octubre

Matorral abierto. Suelos arenosos en sitios abiertos o perturbados.  
Florida, Texas (EE.UU.); México, Antillas, Colombia, Venezuela, Guayanas, Ecuador, Perú, Brasil, Paraguay, Argentina. Núms. 844, 976.

*Panicum hirticaule* J. S. Presl., 1830. *Rel. Haenk.* 1: 308.

Herbácea anual  
Agosto-octubre

Matorral abierto. Medios secos, sitios abiertos.  
Sur de California a Arkansas y Texas (EE.UU.); México (B.C., Son., Chih., Sin., Nay., Gto., Jal., Col., Mich., Gro., Méx., Mor., Oax., Chis.), Antillas a Argentina.  
Núms. 860, 983.

*Rhynchelytrum* Nees.  
(McVaugh, 1983; Pohl, 1994).  
*Rhynchelytruma repans* (Willd.) C. E. Hubb., 1934.  
*Kew. Bull.* 1934: 110.

"Zacate ilusión", "zacate seda" (S de México)

*.Saccarum repens* Willd., 1797. *Tricholaena rosea* Nees, 1837. *Rhynchelytrum roseum* (Nees) Stapf y Hubb, 1930.

Herbácea anual o perenne  
Julio a noviembre

Matorral abierto, entre piedras. Suelos arenosos, planicies y costas. Areas perturbadas  
S de EE.UU.; Baja California, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Aguascalientes, Colima, Michoacán, Distrito Federal, Guanajuato, San Luis Potosí, Querétaro, Tamaulipas, Veracruz, Oaxaca, Chiapas; Centroamérica, Antillas, Sudamérica, regiones cálidas del Viejo Mundo. Nativa de África. Núm. 898

Setaria Beauv.  
(Mc Vaugh, 1983; Pohl, 1994).  
*Setaria liebmannii* Fourm., 1886.  
*Mex c. Pl. 2: 44*

"Zacate"

*Setaria rariflora* Presl., 1830. *Chaetochloa liebmanu* (Foum.) Scribn. & Merr., 1900.

Herbácea anual  
Julio-septiembre

Matorral abierto. Borde de caminos, sabanas. Arizona (EE.UU.); Baja California, Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, México, Morelos, Veracruz, Chiapas; Centroamérica. Núm. 882.

Trichloris Fourn.  
(Shreve y Wiggins, 1964; Wiggins, 1980).  
*Trichloris ermita* (Lag.) Parodi, 1947.  
*Rey. Argentina Agron. 14: 63.*

*Chloris ermita* Lag., 1805. *Chloris mendocina* Phil., 1870.  
*Trichloris mendocina* Kurtz, 1897.

Herbácea perenne  
Junio a octubre

Matorral xerófilo. Laderas y pendientes rocosas. Arizona a Texas (EE.UU.) y N de México. Núm. 893.

LILIDAE  
LILIALES  
AGAVACEAE

Agave L.  
(Standley, 1920-26, Gentry, 1982).  
*Agave agustifolia* Haw., 1812  
*Natl. Herbarium Contrib. 23: 118.*

"Mezcal"

*Agave jacquiniana* Schultes, 1829. *Agave ixtli* Karw., 1837. *Agave elongata* Jacobi, 1865. *Agave ixtloides* Hook, 1871. *Agave excelsa* Baker, 1877.  
*Agave spectabilis* Todaro, 1878-92. *Agave wrightii* Drum. & Prain, 1906. *A. wrightii* Drum, 1907. *A. endlichiana* Trel., 1907. *A. Donnell-smithii* Trel., 1915. *Agave yaquiana* Trel., 1920. *A. owenii* I. M. Jtn., 1924.

*Rosetófila*  
Enero-marzo

*Matorral xerófilo. Suelos arenosos, gravosos o rocosos, en lomas y planicies. Sonora y Tamaulipas (México) hasta Costa Rica. Núms. 755, 947, 972.*

Literatura citada

- Bravo-Hollis, H. 1978. Las cactáceas de México. Vol. 1. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 743 p.
- Bravo-Hollis, H. y H. Sánchez-Mejorada. 1991. Las cactáceas de México. Vol. II. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 404p.
- Bravo-Hollis, H. y H. Sánchez-Mejorada. 1991. Las cactáceas de México. Vol. II. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 643 p.
- Castillo-Campos y J. Becerra-Zavaleta. 1996. Cochlospermaceae. Flora de Veracruz 95: 111.
- Cervantes A., N. 1992. La familia Malvaceae en el estado de Jalisco. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal. 393 p.

- Craig, R. T. 1973. The *Mammillaria* Handbook. Scolar Press Ltd. Menston, Yorkshire. Great Britain. 390 p.
- Cristobal, C. L. 1960. Revisión del género *Ayenia* (Sterculiaceae). Opera Lilloana IV: 1-230.
- Cronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University. New York, USA. 262 p.
- Davidse, G.; M. Sousa y A. O. Chater (editores). 1994. Alismataceae a Cyperaceae. Flora Mesoamericana 6: 1-543.
- Frixel, P. A. 1988. Malvaceae of Mexico. Systematic Botany Monographs 25: 1-522.
- Gentry, H. S. 1982. Agaves of Continental North America. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona. 670 p.
- González-Ortega, J. 1929. Catálogos sistemáticos de las plantas de Sinaloa. Imprenta de la Escuela Preparatoria. Mazatlán, Sinaloa. 50 p.
- Hernández, H. M. 1986. Zapoteca: a new genus of neotropical *Mimosoideae*. Ann. Missouri bot. Gard. 73: 755-763.
- Hitchcock, A. S. 1971. Manual of the grasses of the United States. Vol. I y II. Dover Publications Inc. New York, USA. 1051 p.
- Hunt, D. (comp.) 1992. CITES Cactaceae checklist. Kew: Royal Botanic Gardens. 190 p.
- Hunt, D.R. 1994. *Commelina* L. Flora Mesoamericana 6: 171-173.
- McVaugh, R. 1983. Gramineae. Flora NovoGaliciana 14: 1-436.
- McVaugh, R. 1987. Leguminosae. Flora NovoGaliciana 5:1-786.
- Pohl, R. W. 1994. *Setaria* P. Beauv. Flora Mesoamericana 6: 359-363.
- Pohl, R. W. y G. Davidse. 1994. *Aristida* L. Flora Mesoamericana 6: 253-257.
- Pohl, R. W. y G. Davidse. 1994. *Fteropogon* Nees. Flora Mesoamericana 6: 289.
- Pohl, R. W. y G. Davidse. 1994. *Leptochloa* P. Beauv. Flora Mesoamericana 6: 260-261.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. LIMUSA. México, D. F. 432 p.
- Shreve, F. e I. L. Wiggins. 1964. Vegetation and flora of the Sonoran Desert. Vol. I y II. Stanford University Press. Stanford, California. 1740 p.
- Small, J. K. 1910. Malpighiaceae. North American Flora 25: 151-171.
- Standley, P. C. 1920-26. Trees and shrubs of Mexico. Contributions from the United States National Herbarium 23: 1-1721.
- Steinmann, V. W. y R. S. Felger. 1997. The Euphorbiaceae of Sonora, Mexico. Aliso 16: 1-71.
- Taylor, N. P. 1985. *The genus Echinoceraus*. Timber Press. USA. 160 p.
- USDA NRCS, 1999. The PLANTS database (<http://plants.usda.gov/plants>). National Plant Data Center, Baton Rouge, LA 70874-4490 USA.
- Vail, A. M. y P. A. Rydberg. 1910. Zygophyllaceae. North American Flora 25: 103-116.
- White, R. 2000. World Database of Legumes, ver. 4.10 (<http://www.lidris.org>). Centre for Plant Diversity & Systematics. School of Plant Sciences, The University of Reading, Southampton, UK.
- Wiggins, I. L. 1980. Flora of Baja California. Stanford University Press. Stanford, Cal. 1025 P.