CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS DEL NOROESTE, S. C.

Programa de Estudios de Posgrado

FLORA, CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN DE LA VEGETACIÓN DE LA BARRA ARENOSA EL MOGOTE, BAJA CALIFORNIA SUR

T E S I S

Que para obtener el grado de

Maestro en Ciencias

Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales
(Orientación en Ecología de Zonas Áridas)

P r e s e n t a

Ing. Agr. Blanca Estela Romero López

La Paz, B. C. S., Febrero del 2004.

RESUMEN

Al Norte de la ciudad de La Paz, B. C. S., se ubica la barra arenosa El Mogote la cual, además de representar un símbolo cultural entre los habitantes de La Paz, juega un papel importante al proteger a la ciudad contra los procesos costeros de la Bahía. Debido a su posición en el límite Norte de la Región del Cabo, en El Mogote confluyen elementos florísticos representantes del desierto Sonorense y de la región árido-tropical que bajo la influencia costera exhiben un paisaje singular en el cual predominan condiciones limitantes para el establecimiento vegetal (grandes variaciones de temperatura, baja disponibilidad de agua, alto contenido de sales y baja cantidad de nutrientes). El presente trabajo aborda el estudio de la flora y vegetación, el análisis de sus asociaciones vegetales, así como de algunas relaciones entre los gradientes de vegetación y edáficos utilizando técnicas multivariadas de clasificación y ordenación.

La flora vascular de El Mogote consta de 72 taxa distribuidos en 60 géneros y 30 familias de las cuales las más diversas son: gramíneas, cactáceas y compuestas. La vegetación leñosa exhibe una fisonomía achaparrada dominada por arbustos, en especial por una variante fisonómica peculiar de "ciruelo" *Cyrtocarpa edulis,* anacardiácea de crecimiento tortuoso-achaparrado que contrasta con su forma típica arborescente distribuida ampliamente en el Sur de la Península de Baja California. Otras especies abundantes son *"lomboy"Jatropha cinerea* y el "palo negrito" *Condalia globosa*.

El estudio de vegetación se basa en el muestreo por relevés levantados sobre transectos orientados en dirección Norte-Sur de acuerdo con un análisis de fotointerpretación. Con los datos de presencia-ausencia de las especies se llevó a cabo el análisis de conglomerados utilizando aglomeración media ponderada (WPGMA). Se identificaron nueve asociaciones que corresponden a tres ambientes principales. El primer ambiente corresponde a playas y cordones de dunas que se reemplazan gradualmente desde pioneras, dunas frontales, dunas posteriores hasta conformarse como matorral sarcocaule el cual se ubica en el interior de la barra. Los dos ambientes restantes son los salitrales y los manglares, cada uno dos asociaciones.

En relación con los atributos ecológicos, se observó que, en general, tanto la riqueza y diversidad Shannon incrementan hacia el interior de la barra, desde 9 especies y 1.7 beles individuo^{-1} en zona de pioneras, hasta 26 especies y 2.4 beles individuo^{-1} en el matorral sarcocaule, en donde las condiciones ambientales son más benignas que en la franja costera. En general, también la diversidad Beta fue mayor al comparar las asociaciones correspondientes a dunas con manglares y salitrales pero fue baja al comparar asociaciones de dunas internas (dunas frontales, dunas posteriores y matorral sarcocaule), demostrando continuidad florística entre los grupos de dunas y cierta discontinuidad con los salitrales y manglares.

De manera complementaria al estudio de clasificación se realizó el Análisis por Componentes Principales (ACP) utilizando datos de cobertura de las especies. Dicho estudio confirmó la existencia de gradientes de vegetación que se atribuyen principalmente a la influencia marina y a la estabilidad del suelo en la zona de dunas. El ACP para variables físico-químicas del suelo confirmó los gradientes de vegetación y además mostró que los factores responsables del gradiente son la cantidad de sales de K y Na y la textura del suelo (diámetro de partícula). Se encontró una mayor concentración de iones de Na y K en la zona de pioneras y manglar pero menor al interior de la barra en donde además predominan sustratos con arenas finas (125-250 μm), en contraste con las arenas de tamaño medio (600-250 μm) que ocupan la franja costera de playas.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto el delicado equilibrio ecológico en el que se encuentran las comunidades estudiadas. El paisaje que exhibe el Mogote es único en la porción este de la península y refleja condiciones ecológicas limitantes que se han desarrollado a través de 5000 años. Bajo esta presión, se han seleccionado adaptativamente las formas de vida actualmente existentes, sin embargo, el disturbio antropogénico resultante de un megaproyecto turístico en la zona trastocará irreversiblemente esa delicada comunidad vegetal en los próximos años.

Palabras clave: Vegetación costera, clasificación, ordenación.

ABSTRACT

The El Mogote sand bar north of La Paz, Baja California Sur, protects the city from coastal erosive processes, mainly the swell from La Paz Bay. The combination of dry tropical, desert, and coastal environments results in broad temperature fluctuations, little available fresh water, high salt content, and nutrient levels, all of which limit plant establishment. The flora and vegetation of the sand bar were studied through floristic inventories, vegetation sampling, analyzes of plant community composition and structure, and evaluation of some relationships between soil and plant gradients using multivariate techniques such as classification and ordination.

The El Mogote vascular plant flora includes 72 taxa in 60 genera and 30 families. The most diverse families in number of species are Gramineae (10), Cactaceae (8), Leguminosae (5), and Compositae (5)**.** The vegetation is dominated by shrubs, especially *ciruelo* (*Cyrtocarpa edulis*) and *lomboy* (*Jatropha cinerea*) and *palo negrito* (*Condalia globosa*). Here, *ciruelo* has an unusual dwarfed, tortuous life form, in contrast to its typical arborescent form elsewhere on the southern Baja California Peninsula.

"Releves" along north-south transects were used to sample the vegetation. Cluster analyses was done on the presence-absence of species in releves using WPGMA (weighted pair-group method using arithmetic averages). Nine plant habitats were identified in three environments: coastal belt, salt flats, and mangroves. The coastal belt environment is complex and includes beaches and the dune strand, which gradually changes into dunescrub inland. Habitats here are: pioneer zone, foredune, backdune, and sarcocaulescent scrubland. Salt flats and the mangroves environments are behind the south shore where the kinetic energy of the waves is minimal.

In terms of ecological attributes, species richness and diversity generally increased inland where better conditions are present for plant life than on the coastal belt. Mangroves and Salt flats display low diversity. Complementary to the cluster analysis, principal component analysis (PCA) of the plant species coverage data revealed that vegetation gradients are mainly attributed to marine influences, as well the soil stability to the sandy environments. PCA also confirmed vegetation gradients, and moreover, showed that the physical-chemical variables responsible for the vegetation gradients are K and Na levels and soil texture.

The results support the general opinion that this plant community is in a delicate ecological balance. The sand bar landscapes like those at El Mogote are unique to eastern side of the peninsula, having evolved in response to the harsh ecological conditions during the last 5000 years. Tourist developments in the near future will seriously affect the delicate structure and composition of this coastal ecosystem.

Keywords: Coastal vegetation, classification, ordination

COMITÉ TUTORIAL

Dr. José Luis León de la Luz
Director de Tesis
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, B. C. S.

M. en C. Gustavo de la Cruz Agüero
Co-tutor
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas – IPN, La Paz, B. C. S.

M. en C. José Juan Pérez Navarro
Co-tutor
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, B. C. S.

COMITÉ REVISOR

Dr. José Luis León de la Luz

M. en C. Gustavo de la Cruz Agüero

M.en C. José Juan Pérez Navarro

M. en C. Yolanda Maya Delgado

MIEMBROS DEL JURADO DE LA DEFENSA DE TESIS

Dr. José Luis León de la Luz

M. en C. Gustavo de la Cruz Agüero

M. en C. José Juan Pérez Navarro

M. en C. Yolanda Maya Delgado

M. en C. Aurora Breceda Solis Camara (Suplente)

CONTENIDO

CAPITULO	TEMA	Página
I.	**INTRODUCCIÓN**	1
II.	**ANTECEDENTES**	3
	2.1 Marco Teórico: Estudio de las comunidades vegetales	3
	2.2 La vegetación meridional de la Península de Baja California	7
III.	**JUSTIFICACIÓN**	15
IV.	**OBJETIVOS**	17
	4.1 Objetivo General	17
	4.2 Objetivos Particulares	17
V.	**HIPÓTESIS**	18
VI.	**AREA DE ESTUDIO**	19
	6.1 Ubicación geográfica y delimitación del área de estudio	19
	6.2 Descripción del ambiente Físico	19
	6.2.1 Historia geológica	19
	6.2.2 Topografía	21
	6.2.3 Dinámica del sustrato y sedimentos	21
	6.2.4 Litología	22
	6.2.5 Características edáficas	23
	6.2.6 Clima	24
VII.	**MATERIALES Y MÉTODOS**	26
	7.1 Estudio florístico	26
	7.2 Muestreo de vegetación	27
	7.3 Muestreo de suelos	31
	7.4 Análisis numérico	32
	7.4.1 Clasificación	32
	7.4.2 Ordenación	34
	7.4.2.1 Gradientes de vegetación	34
	7.4.2.2 Gradientes edáficos	35
	7.5 Mapa de vegetación	36
	7.6 Atributos ecológicos de las asociaciones	37
	7.6.1 Riqueza específica	37
	7.6.2 Diversidad α Shannon-Wiener	37
	7.6.3 Dominancia	37
	7.6.4 Diversidad β	38

CAPITULO **TEMA** **Página**

VIII. RESULTADOS..... 40
8.1 Flora..... 40
8.1.1 Composición florística..... 40
8.1.2 Formas de crecimiento..... 41
8.1.3 Endemismo y distribución de algunas especies relevantes..... 45
8.2 Vegetación..... 51
8.2.1 Esfuerzo de muestreo..... 51
8.2.2 Clasificación..... 52
8.2.3 Ordenación..... 55
8.2.3.1 Gradientes de la vegetación..... 55
8.2.3.2 Gradientes edáficos..... 57
8.3 Mapa de vegetación y zonificación..... 63
8.4 Riqueza específica y Diversidad Shannon-Wiener de las asociaciones..... 64
8.5 Coeficiente simple de dominancia (CSD)..... 66
8.6 Diversidad β..... 69
8.7 Caracterización de las asociaciones vegetales identificadas..... 70
8.7.1 Vegetación de dunas costeras..... 70
8.7.1.1 Pioneras (PION)..... 70
8.7.1.2 Dunas frontales (DF)..... 73
8.7.1.3 Dunas posteriores (DP)..... 75
8.7.1.4 Dunas posteriores del oeste de la barra (DPW)..... 77
8.7.1.5 Matorral Sarcocaule (MSC)..... 79
8.7.2 Salitrales (SAL)..... 82
8.7.2.1 Salitrales inundables (SALH)..... 82
8.7.2.2 Salitrales no inundables (SALS)..... 85
8.7.3 Manglares (MAN)..... 86
8.7.3.1 Manglares internos (MANI)..... 86
8.7.3.2 Manglares externos (MAE)..... 88

IX. DISCUSIÓN..... 89
9.1 Relación de las asociaciones de El Mogote con la vegetación regional..... 89
9.2 Patrón de distribución de la vegetación..... 94
9.3 Gradientes de vegetación y ambientales en dirección norte-sur..... 95
9.4 Atributos de las asociaciones vegetales de El Mogote..... 101
9.5 Análisis de las formas de crecimiento respecto al gradiente ambiental..... 102
9.6 Estado de conservación de la vegetación..... 105
9.7 Probables efectos de los desarrollos turísticos en El Mogote..... 106

X. CONCLUSIONES..... 108

XI. LITERATURA CITADA..... 113

XII. ANEXOS

Anexo 1. Listado florístico.

Anexo 2. Algunos taxa relevantes en la flora.

Anexo 3. Mapa de vegetación.

Anexo 4. Perfil esquemático de vegetación, topografía y características edáficas.

Anexo 5 Fisonomía de las asociaciones descritas.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Título	Página
1	Escala de cobertura de Braun-Blanquet	29
2	Determinaciones físico-químicas realizadas al suelo en solución 1:2	32
3	Profundidad de los estratos del suelo muestreados en cada ambiente	36
4	Principales familias en la flora de El Mogote	40
5	Resultados de la ordenación relevés por Análisis de Componentes Principales (ACP)	55
6	Resultados de la ordenación para 13 variables edáficas	58
7	Resultados del Análisis de Componentes Principales (ACP) para 12 variables edáficas de ambientes francamente arenosos	61
8	Síntesis del Coeficiente Simple de dominancia (CSD) de las especies presentes en cada asociación	68
9	Valores de β diversidad, especies compartidas y riqueza de especies por asociación	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Esquema general de zonación en dunas costeras	11
2	Esquema idealizado de un manglar en la Región del Cabo, B. C. S	13
3	Ubicación y delimitación de la zona de estudio	20
4	Propuesta de la ubicación de los sitios de muestreo	28
5	Ubicación de puntos de muestreo de suelos	31
6	Proporciones de las formas de crecimiento de la flora de El Mogote	42
7	Áreas de distribución de algunos taxa endémicos de Baja California	47
8	Distribución de poblaciones confinadas a zonas particulares de El Mogote	49
9	Ubicación de los puntos de muestreo de vegetación	51
10	Dendrograma del análisis de conglomerados de 802 relevés	54
11	Prueba gráfica de Cattel para extracción de CPs	56
12	Ordenación de relevés con base en la cobertura de especies	57
13	Ordenación general de las asociaciones con base en 13 variables edáficas y en función de la profundidad de las muestras	59
14	Ordenación de asociaciones con suelos francamente arenosos considerando 12 variables edáficas a diferente de la profundidad	62
15	Variación de la riqueza de especies en dirección oeste-este de El Mogote	64
16	Riqueza específica y Diversidad Shannon-Wiener por asociación definida	65
17	Distribución de la dominancia para especies pioneras en la agrupación de dunas (PION)	71
18	Distribución de la dominancia para especies de dunas frontales (DF)	74
19	Distribución de la abundancia para especies dunas posteriores (DP)	76
20	Distribución de la abundancia para especies dunas posteriores (DPW)	78
21	Distribución de la abundancia para especies de matorral sarcocaule (MSC)	80
22	Distribución de la abundancia para especies de salitralitrales inundables (SALH)	83
23	Distribución de la abundancia para especies de salitrales no inundables (SALS)	85
24	Distribución de la abundancia para especies de manglares internos (MANI)	87
25	Distribución de la abundancia para especies de manglares externos (MANE)	88

LISTA DE ABREVIATURAS

Clave	**Significado**
VD	Vegetación de dunas
DF	Dunas frontales
DP	Dunas posteriores
DPW	Dunas posteriores del oeste de la barra
MSC	Matorral Sarcocaule
SAL	Salitrales
SALS	Salitrales no inundables
SALH	Salitrales inundables
MAN	Manglares
MANI	Manglares internos
MANE	Manglares externos
CSD	Coeficiente simple de dominancia
AREN_G	Proporción de arenas gruesas (diámetro mayor a 600µm)
AREN_M	Proporción de arenas medias (250µm-600µm)
AREN_F	Proporción de arenas finas (125µm-250µm)
AREN_MF	Proporción de arenas muy finas (63µm-125µm)
Abm	*Abronia maritima*
Alo	*Allenrolfea occidentalis*
Asa	*Asclepias albicans*
Avg	*Avicennia germinans*
Bam	*Batis marítima*
Bum	*Bursera microphylla*
Cog	*Condalia globosa*
Crc	*Croton californicus*
Cye	*Cyrtocarpa edulis*
Eul	*Euphorbia leucophylla*
Fod	*Fouquieria diguetii*
Jac	*Jatropha cinerea*
Krp	*Krameria paucifolia*
Lar	*Laguncularia racemosa*
Mol	*Monantochloe littoralis*
Pas	*Pachycereus schottii*
Pal	*Palafoxia linearis*
Pse	*Psorothamnus emoryi*
Sab	*Salicornia bigelovii*
Sap	*Salicornia pacifica*
Stg	*Stenocereus gummosus*
Xyd	*Xylothamia diffusa*

I. INTRODUCCIÓN

En la porción norte de la Región del Cabo y hacia el sur de la Bahía de La Paz se encuentra la barra arenosa El Mogote, la cual posee características peculiares e interesantes. Desde un punto de vista antropogénico, posee una importancia cultural pues tradicionalmente se colectan frutos de ciruelo cimarrón para consumo humano por lo que esta planta es considerada casi un simbolo de identidad para los habitantes de la Paz. Para el desarrollo económico de la región El Mogote representa un área ideal para el desarrollo de actividades turísticas, por lo cual se ha observado en fechas recientes la promoción de terrenos para incentivar el desarrollo de complejos turísticos. Por otra parte dicha barra arenosa juega un papel sustancial en la protección contra el oleaje y viento a la ensenada y ciudad de La Paz.

En términos biológicos, en esta área relativamente pequeña confluyen elementos florísticos representantes del desierto, de la Región árido-tropical y de la vegetación costera mostrando en conjunto rasgos de unicidad. Si bien, la actividad de colecta y los estudios de vegetación en la Región del Cabo y en el estado de Baja California Sur se han realizado activamente, a escala local no se tiene conocimiento de caracterizaciones botánicas detalladas, como es el caso para la superficie de El Mogote.

Debido a que en este sitio es altamente probable que se ejerza presión humana que puede alterar de manera sustancial el paisaje a corto plazo, nace el interés por complementar de manera urgente el conocimiento de su flora, de su vegetación y sus relaciones con algunos factores ambientales. En el presente trabajo se plantea el estudio de la flora y la vegetación de la barra arenosa El Mogote mediante un estudio de ordenación y clasificación, lo que permite

visualizar de forma condensada los patrones de distribución de las especies como un primer paso para establecer algunas hipótesis acerca de la relación entre las especies y su medio (León de la Luz, 2000). Adicionalmente, el presente estudio se propone como una herramienta potencial que puede servir como referencia para justificar la toma de decisiones en la elaboración de planes de manejo y/o protección de la zona.

VIII. ANTECEDENTES

2.1 Marco Teórico: Estudio de las comunidades vegetales

Históricamente, la ecología reconoce básicamente dos corrientes que describen patrones en la vegetación: la escuela organísmica de Clements y la individualista de Gleason, ambas con ideas en un principio divergentes. Por un lado la escuela de Clements concibe a la vegetación como un superorganismo que tendría los mismos atributos que un individuo biológico (crece, se desarrolla y muere). En oposición, Gleason percibe a la vegetación como un ensamblaje de especies individuales, cada una distribuida de acuerdo a sus propios límites y requerimientos (Moravec, 1992; Colinvaux, 1993).

Actualmente, muchos autores como Colinvaux (1993) y Begon *et al*. (1996) consideran que la distribución de cada una de las especies vegetales obedece a muchos factores del medio, tanto estocásticos como determinados por sus capacidades génicas, pero sin llegar a descartar que existen grupos de especies que aparecen en agrupaciones y que caracterizan a la vegetación de determinado ambiente. No obstante, dicha conceptualización está aún sujeta a profundas discusiones. Desde esta perspectiva integradora, se entiende por una comunidad vegetal a un conjunto de especies vegetales que coexisten en un lugar particular y muestran un grado de asociación o cohesividad (Kent y Coker, 1992).

Alternativamente, la escuela Fitosociológica de Zurich-Montpellier establecida por Braun-Blanquet surge a principios del siglo XX sin adoptar francamente la teoría organísmica ni la individualista pues no niega la coevolución de especies así como la existencia de comunidades vegetales. Dicha escuela clasifica a la vegetación con base en la fisonomía de la

vegetación apoyándose en el estudio comparativo de la composición florística de series de relevés (inventarios) de zonas adyacentes para llegar al conocimiento de las asociaciones, a las que considera la unidad fundamental de la fitosociología (Moravec, 1992).

El término asociación o agrupación vegetal es importante porque implica que ciertas especies se encuentren coexistiendo en ciertas áreas y ambientes y no por mera casualidad (Kent y Coker, 1992). Diversos autores como Braun-Blanquet (1979) y Rzedowski (1981), coinciden en que las asociaciones o agrupaciones son "tipos de comunidades vegetales" que se caracterizan por tener una composición florística definida propia de condiciones ecológicas semejantes como calidad de suelo, temperatura ambiental, niveles de precipitación pluvial, limites altitudinales, etc. y por tener una fisonomía homogénea en la que dominan ciertas especies y otras están subordinadas.

A través del análisis por comparación de relevés desde el enfoque fitosociológico, se pueden identificar especies diagnósticas que caracterizan y diferencian a una asociación de otra. La composición florística se relaciona con propiedades ambientales para que las asociaciones vegetales correspondan con tipos de hábitat o categorías corológicas (Moravec, 1992). Entre otros, el mejor uso para considerar a las asociaciones vegetales como unidades de vegetación se presenta cuando surge la necesidad de representar cartográficamente la variabilidad de la cubierta vegetal en una determinada región. Así, algunos trabajos básicos sobre vegetación (ver Rzedowski, 1981) indican cómo diversos ambientes exhiben determinísticamente tipos particulares de vegetación, considerados como comunidades vegetales.

Algunos puntos de vista distintos a los de la escuela Fitosociológica consideran que los estudios corológicos y de clasificación sobre las comunidades vegetales tienden incorporar el punto de vista Clementsiano debido a que asume que inventarios de vegetación pueden ser agrupados en tipos con la ayuda de técnicas de clasificación. No obstante, aún considerando el punto de vista de Gleason y la variación multidimensional del continuo de vegetación descrita por Whittaker (1967), puede "clasificarse" a la vegetación en subdivisiones arbitrarias de grupos de especies mediante análisis multivariado (Van der Maarel, 1982; Moravec, 1992).

Desde la perspectiva fitosociológica se pueden analizar los datos de relevés mediante técnicas de clasificación y ordenación (Ewald, 2003). En particular, el uso de análisis multivariado es considerado por Van der Maarel (1982) como la forma más apropiada para describir de manera efectiva los patrones en la vegetación costera, especialmente de dunas, ya que como resultado refleja grupos de especies que por alguna razón presentan cohesividad.

Dentro de la diversidad de técnicas para clasificar a la vegetación se ha difundido ampliamente el análisis por métodos de aproximación aglomerativos, los cuales parten del análisis de inventarios individuales que se van agrupando con aquellos que muestran mayor similitud a través de un proceso jerárquico que finaliza cuando se agrupa al total de muestras u observaciones como lo describe De la Cruz-Agüero (1994). En este proceso, la selección de los índices de similitud y la técnica de fusión de conglomerados, dependerán esencialmente del tipo de datos y de las técnicas más usadas en el campo de estudio. Por otro lado, la definición del (los) nivel (es) de formación de grupos es relativamente subjetiva, puesto que pretende encontrar grupos naturales que han sido detectados o inferidos en campo. Sin embargo, se busca que el dendrograma resultante sea claramente interpretable.

Es frecuente que los resultados que se obtienen de las clasificaciones se relacionen en una segunda etapa, que consiste en la búsqueda de relaciones entre los patrones de vegetación encontrados y el ambiente. De esta forma los grupos de especies o asociaciones se pueden ordenar a través de un continuo de gradientes ambientales mediante técnicas de ordenación.

El principio de los métodos de ordenación también se basa en el grado de similitud de las especies o inventarios, pero adicionalmente permiten analizar el efecto de los factores ambientales sobre el arreglo espacial de especies o grupos. Cuando se tienen a la par datos florísticos y ambientales se puede analizar directamente la relación entre los respectivos gradientes. Sin embargo, en muchas ocasiones resulta inviable (económica y operativamente) contar con ambos tipos de información, por lo que se recurre a métodos indirectos.

En la ordenación indirecta se aplican técnicas que operan sobre un conjunto de información de vegetación (previo examen de la variación dentro de ella) de manera independiente a los datos ambientales. En otra etapa los resultados de ordenación indirecta se pueden comparar y correlacionar con datos ambientales para finalmente detectar posibles gradientes ambientales (Kent y Coker, 1992).

Dentro de las técnicas de ordenación por métodos indirectos, el análisis de componentes principales (ACP) se ha utilizado en estudios de vegetación mostrando gran efectividad. Estos métodos son utilizados en situaciones donde los factores ambientales determinantes son desconocidos o pocos claros, aunque también pueden ser aplicables en donde los gradientes están bien definidos (Whittaker, 1967).

De forma complementaria, el análisis de gradiente y las técnicas de clasificación constituyen métodos de reducción y exploración de datos que permiten la formulación de hipótesis e ideas acerca de la estructura de comunidades así como de las posibles relaciones causales entre la variación de la vegetación y su ambiente (Kent y Coker, 1992; McCune y Grace, 2002).

2.2 La vegetación meridional de la Península de Baja California.

La vegetación de la Península de Baja California ha sido estudiada por diversos autores, entre ellos Shreve y Wiggins (1964); Wiggins (1980); Peinado *et al*. (1994) y otros. Empleando criterios bioclimáticos, florísticos, fitosociológicos y fisiográficos, etc.; tales autores concuerdan en que la región del extremo sur de Baja California Sur denominada como Región del Cabo (León de la Luz *et al.,* 1999), posee características geológicas, climáticas, y fitogeográficas que la diferencian del resto de la vegetación de la Península.

Convencionalmente se ha señalado que la Región del Cabo se delimita geológicamente por la falla de La Paz (Lenz, 1992); sin embargo, León de la Luz *et al.* (1999), consideran que algunas especies traspasan este límite hasta los alrededores de El Mogote porque dependen de niveles de precipitación y temperatura, mientras que otras se encuentran ligadas a las condiciones edáficas propias de esta región, tales como el sustrato de origen granítico que denota suelos de texturas gruesas y rápida infiltración de agua. Traspasando la falla se encuentran los depósitos volcánico-sedimentarios (formación Comondú) característicos del resto del territorio peninsular que posee otras propiedades limitantes para ciertos vegetales (Sierra de La Giganta y Planicies de Bahía Magdalena).

En términos generales, la Región del Cabo se caracteriza por estar bajo la influencia de climas subtropicales subhúmedos y presenta variaciones considerables en la magnitud y régimen de precipitación que pueden ser resultado de la influencia desértica como lo explica Pérez-Navarro (1995). En relación con la vegetación que se encuentra bajo estas condiciones climáticas, algunos autores como León de la Luz (1999) y Wiggins (1980) mencionan que, a excepción de la vegetación costera y del bosque de coníferas de la Sierra de La Laguna, gran parte de la superficie de la Región del Cabo está ocupada por el denominado matorral sarcocaule (Shreve y Wiggins, 1964; INEGI 1994), el cual representa un tipo de vegetación intermedia entre vegetación árido-tropical y la propiamente xerofítica que se encuentra ampliamente distribuida a lo largo del Desierto Sonorense.

Desde la Región del Cabo hacia el norte de la Península de Baja California la selva baja caducifolia y el matorral sarcocaule se ubican contiguamente en un gradiente de comunidades que se continúa con las agrupaciones florísticas del Desierto Sonorense (León de la Luz, 1999). La ubicación latitudinal de El Mogote, al norte de la Región del Cabo, propicia la confluencia elementos de vegetación tanto del ambiente árido-tropical como aquellas propias del desierto Sonorense. Adicionalmente, la conformación geológica de El Mogote como barra arenosa permite el establecimiento de vegetación costera (*e. g.* vegetación de dunas, manglares y salitrales), como lo ha registrado Pérez-Navarro (1995).

Es bien conocido que en gran parte de los ambientes desérticos predominan condiciones limitantes como baja disponibilidad de agua y elevadas temperaturas. En ambientes costeros como El Mogote estas condiciones pueden acentuarse y además, se

adicionan otras como la inestabilidad del sustrato debido a la acción del viento, la baja disponibilidad de nutrientes y los altos contenidos de sales solubles en el suelo.

Por otro lado, se ha demostrado que en la franja costera, la variación de algunos factores ambientales como el grado de exposición al viento, la humedad, la acumulación y erosión de arena, los cambios en materia orgánica, salinidad, pH entre otros, da lugar a la formación de zonas que se distribuyen a través de un gradiente ambiental en donde las especies vegetales encuentran condiciones para desarrollarse de acuerdo a sus capacidades y tolerancias, formando claras franjas de vegetación desde la playa hacia tierra adentro (Johnson, 1977; Hobbs y Grace, 1981; Moreno-Casasola *et al.* 1982; Van der Maarel, 1982; Pérez-Navarro, 1995).

Diversos estudios sobre vegetación costera realizados alrededor de las costas del Pacífico y Golfo de México (Johnson, 1977, 1982; Espejel, 1986; Moreno-Casasola y Espejel, 1986; Pérez-Navarro, 1995) coinciden en la identificación de las siguientes unidades del ambiente: vegetación de dunas, salitral o saladar, manglares, estuarios y acantilados rocosos. Para las dunas de la Península de Baja California y del Noroeste de México, Johnson (1977, 1982), describe la formación de dos hábitats de dunas, ellos son: frente de dunas (*foredunes*) y dunas posteriores (*backdunes*), diferenciados principalmente por la relativa estabilidad del sustrato, misma que a su vez guarda relación con el grado de exposición al viento, el movimiento de arena, y otros factores físicos y químicos que en conjunto actúan como agentes selectivos para el establecimiento vegetal.

En congruencia con la zonación anterior, Doing (1981) y Moreno-Casasola y Espejel, (1986), sintetizan el esquema general de zonación de las dunas de la siguiente manera (Fig. 1): Inmediatamente después de la línea de costa se encuentra la vegetación de playa, la cual está sujeta a factores como: continuos oleajes y periodos de inundación, alta salinidad y depositación de residuos marinos, mismos que le dan cierta estabilidad al sustrato permitiendo la instalación de unas cuantas especies. Enseguida se presentan las zonas de dunas embrionarias y dunas frontales formadas principalmente como resultado de la interacción del viento con el suelo. Las primeras se constituyen como montículos formados y estabilizados por herbáceas rastreras o postradas, mientras que en las dunas frontales o dunas móviles, se instalan herbáceas y algunos arbustos que sirven como cortina rompevientos que forman el primer cordón de dunas, caracterizados por presentar sustratos fuertemente inestables, sujetos a la acción del viento y expuestos eventualmente a fuertes marejadas.

En la zona adyacente a la cresta principal de las dunas frontales, se forman las dunas posteriores o zonas protegidas; el sustrato abarca una zona en donde se deposita la arena proveniente de las zonas anteriores, hecho que permite el establecimiento de pequeños arbustos que, dependiendo de la topografía y distancia respecto al mar, forman hábitats más heterogéneos que las dunas frontales (Johnson, 1977). En ciertas regiones de la Península de Baja California se forman 2 ó 3 cordones de dunas (*strands*). Inmediatamente a las dunas posteriores del último cordón se reconocen dunas fijas o estabilizadas en donde se establecen vegetación propia de vegetación tierra adentro con cierto nivel de tolerancia a la salinidad y suelos arenosos, el suelo está relativamente más desarrollado y hay menos aspersión salina en el aire y menor salinidad en el suelo.

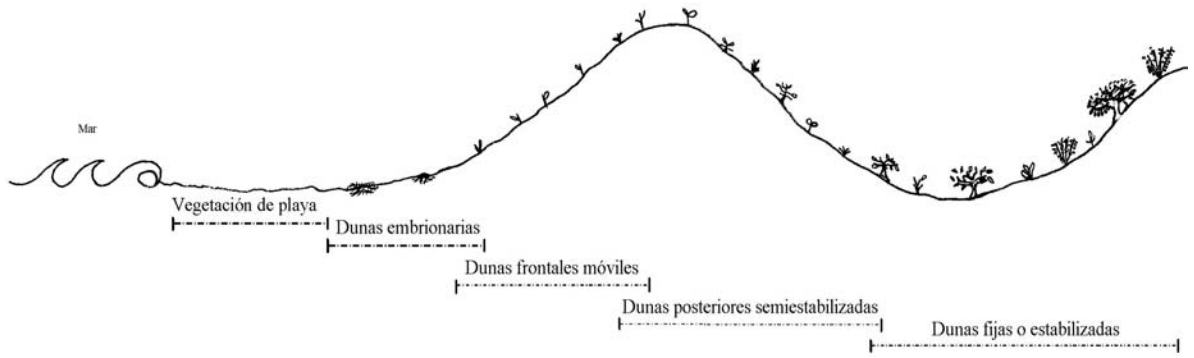

Fig. 1. Esquema general de zonación de dunas según Doing (1981); Moreno-Casasola y Espejel, (1986).

El estudio de zonación de dunas de la Región del Cabo que realizó Pérez-Navarro (1995) describe que la vegetación de playas y frente de dunas se caracteriza por la dominancia de hierbas rastreras como *Abronia marítima*, *Ipomoea pes-caprae*, *Euphorbia leucophylla*, *Ipomoea stolonifera*, *Proboscidea altheaefolia* y otros taxa como *Asclepias subulata*, *Palafoxia linearis*, *Coulterella capitata*, *Froelichia interrupta*, *Amaranthus watsonii* y los pastos salados *Distichlis spicata* y *Jouvea pilosa*. Con menor frecuencia se presentan las hierbas perennes *Drymaria holosteoides var. crassifolia* y *Perytile crassifolia* var. *robusta*. Enseguida se ubican las dunas protegidas dominados frecuentemente por *Asclepias subulata*, *Amaranthus watsonii*, *Porophyllum gracile*, *Croton californicus* var. *californicus*, *Marina maritima, Psorothamnus emoryi*, *Houstonia mucronata*, *Maba intrincata,* y especies propias del matorral sarcocaule como *Jatropha cuneata*, *Jatropha cinerea*, *Cylindropuntia cholla*, *Xylothamia diffusa* y algunas especies de mayor porte como *Bursera microphylla*.

Tierra adentro las dunas posteriores se encuentran con la vegetación de transición hacia el matorral. Esta zona se compone de formas arbustivas como *Maytenus phyllantoides* y

algunas especies del género *Lycium*; además de arbustos como *Condalia globosa*, *Olneya tesota*, *Phaulothamnus spinescens y Ebenopsis confinis*. Propiamente la zona de matorral esta integrada por *Pachycereus pringlei, Simmondsia chinensis, Cyrtocarpa edulis*, así como individuos de la familia Cactaceae, entre ellos *Mammillaria dioica*, *Cylindropuntia cholla*, *Stenocereus gummosus*, y *Stenocereus thurberi* principalmente.

Otros ambientes que se encuentran contiguos a las dunas costeras de la Región del Cabo son los manglares y salitrales (Pérez-Navarro, 1995). Generalmente ambos se forman como producto del depósito de partículas finas (limo y arcillas) en las desembocaduras de arroyos o en los márgenes de lagunas o ensenadas; es frecuente que tras el manglar se desarrolle un salitral (Fig. 2).

Los manglares se encuentran en la zona intermareal en aguas prácticamente sin oleaje, y poseen sustratos fangosos de texturas finas. La riqueza específica vegetal es baja y la forma de crecimiento característica es la arbórea. De acuerdo con el análisis de manglares y salitrales de Baja California realizado por Delgadillo *et al.* (1992) y a lo reportado por Pérez-Navarro (1995) para la Región del Cabo, en un gradiente de mar a tierra se pueden distinguir zonas en función del grado de inundación del sustrato y los cambios en salinidad.

Las especies que forman el gradiente, son el mangle rojo *Rhizophora mangle*, que habita en los bordes del cuerpo de agua; hacia el interior se encuentran *Laguncularia racemosa* (mangle blanco o negro) y *Avicennia germinans* (mangle salado). A éste ultimo se le encuentra en suelo arcilloso saturado asociado frecuentemente con especies herbáceas como *Batis maritima* y *Sesuvium verrucosum* en la zona de transición con los salitrales, aunque

también se mezcla con *Laguncularia racemosa* en los límites internos de los manglares cuando se trata de un manglar de playas. Una zonación similar fue registrada por Jiménez-Quiroz (1991) en los manglares de El Mogote.

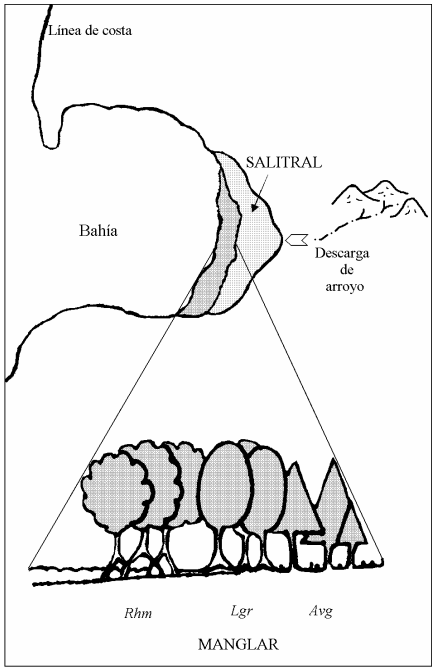

Fig. 2. Esquema idealizado de un manglar en la Región del Cabo, B. C. S. La primera condición se refiere a la existencia de aguas someras con o sin canales de marea. Generalmente tras el manglar se desarrolla un salitral en el cual ocurren descargas de sedimentos por arroyos. *Rhm = Rhizophora mangle*, *Lgr = Laguncularia racemosa* y *Avg = Avicenia germinans*.

En los salitrales de Baja California y de la Región del Cabo la influencia de inundaciones temporales por mareas altas o avenidas de arroyo, así como las altas tasas de evaporación son determinantes en la formación de sustratos salinos sumamente selectivos al establecimiento vegetal. En general las especies que dominan los salitrales corresponden a formas de crecimiento arbustivas de talla pequeña y hierbas perennes tales como *Allenrolfea occidentalis*, *Monantochloe littoralis*, *Salicornia* spp, *Cressa truxillenis*, *Batis maritima*,

Sesuvium verrucosum, *Distichlis spicata*, *Suaeda* spp. y *Atriplex* spp. (Delgadillo *et al.,* 1992; Pérez-Navarro, 1995).

IX. JUSTIFICACIÓN

El panorama de la ecología vegetal en México muestra que la mayor parte de estudios sobre ecología de comunidades vegetales giran en torno al análisis cuantitativo de la estructura de comunidades y exploración de patrones espaciales de la vegetación. Sin embargo, gran parte de ellos se han realizado en bosques tropicales, en menor proporción en matorral xerófilo y escasamente en vegetación costera y sistemas acuáticos (Martínez-Ramos, 1994).

En un ámbito regional se ha abordado a distintas escalas el estudio de la flora del Desierto Sonorense en trabajos que tratan desde aspectos descriptivos de la flora y vegetación, hasta aspectos históricos y fitogeográficos, entre ellos los realizados por Brandegee (1894), Shreve y Wiggins (1964), Axelrod (1979), Zippin (1994), Peinado *et al.* (1994), Lenz (1992), León de la Luz *et al.* (1995) y León de la Luz (1999). Asimismo, algunos autores como Johnson (1977, 1982), Delgadillo *et al.* (1992), Pérez-Navarro (1995) y León de la Luz (1999), han descrito para algunas zonas de la península la composición florística de manglares, salitrales y dunas.

A escala local los estudios de las distintas regiones peninsulares son escasos. Particularizando en El Mogote, hasta la fecha no se había abordado algún estudio a profundidad sobre la composición y estructura de su vegetación, aunque Pérez-Navarro (1995) abordó el cordón de dunas y Jiménez-Quiroz (1991) aportó información sobre el metabolismo de manglares.

El conocimiento de la flora de esta barra arenosa representa una vía de valoración de los recursos vegetales en términos de su estructura y distribución espacial. Estos atributos se

correlacionan con la predominancia de condiciones ambientales típicas de las barreras costeras tales como presencia de sedimentos pobres en nutrientes, aspersión salina, baja disponibilidad de agua, impacto del oleaje y viento. Dichas condiciones, sumadas a la influencia del Desierto Sonorense convierten al Mogote en un ambiente fuertemente selectivo para el establecimiento de la vegetación que, además, se halla amenazado continuamente por el impacto natural (vientos del norte y oleajes de tormenta) y el humano, especialmente el representado por el desarrollo turístico y las actividades recreativas (paso de vehículos de motor todo-terreno y la visita de sus playas).

Desde el punto de vista antropocéntrico, la función primaria de El Mogote es proteger a la Ensenada y a la ciudad de la Paz del impacto de los procesos costeros. Dicha protección asegura por tanto, la permanencia de los recursos paisajísticos, científicos, recreativos y económicos de la barra, de la Ensenada y la ciudad de La Paz, los cuales tienen un gran valor para la vocación económica de la región. Por ello, la utilidad de este trabajo es aportar información básica para eventuales programas de uso y manejo de la zona, además de contribuir al conocimiento de las relaciones entre la vegetación de El Mogote y algunos factores ambientales.

X. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Desarrollar un estudio integral de la vegetación, analizar la flora local y caracterizar la estructura de la vegetación mediante técnicas multivariadas de clasificación y ordenación.

4.2 Objetivos particulares

- Actualizar y analizar la información florística de El Mogote mediante trabajo de campo y herbario.
- Realizar muestreos de vegetación y suelo que representen la diversidad de los ambientes definidos.
- Clasificar a la vegetación por asociaciones en función de su similitud florística.
- Describir la fisonomía de la vegetación a lo largo de la barra.
- Determinar o corroborar la formación de gradientes de vegetación y edáficos mediante un análisis de ordenación.
- Analizar las posibles relaciones entre los gradientes de encontrados.
- Elaborar un mapa de vegetación mediante fotointerpretación y clasificación de vegetación.
- Caracterizar a las asociaciones vegetales en términos de su riqueza específica, estructura, formas de crecimiento, dominancia, características edáficas y otros factores físicos observados.
- Analizar comparativamente a la riqueza específica y diversidad de las asociaciones vegetales descritas.
- Proporcionar recomendaciones para mitigar el probable impacto de desarrollos turísticos.

XI. HIPÓTESIS

Las especies vegetales perennes de la barra arenosa El Mogote se agrupan en asociaciones discretas delimitadas cartográficamente, cuya distribución responde a la presencia de gradientes edáficos, relacionados principalmente con la textura y cantidad de sales.

VI. AREA DE ESTUDIO

6.1 Ubicación geográfica y delimitación del área de estudio

El Mogote se ubica en la región meridional de Baja California Sur, en el extremo norte de la Región del Cabo y al noroeste de la ciudad de la ciudad de La Paz; dicha barra divide a la Ensenada de La Paz y a la bahía del mismo nombre (Fig. 3). El presente estudio considera como límites de El Mogote las coordenadas 24°10'45"N/110°26'21"W en el extremo NW y a los 24º08'56"N/110°19'26"W en el extremo SE. La longitud de la barra (E-W) es de 11.7 km, en su parte más ancha (N-S) mide 2.6 km, mientras que en la más angosta apenas alcanza 0.3 km. La zona de estudio definida de esta manera cubre una superficie aproximada de 15.8 km^2.

6.2 Descripción del ambiente Físico

6.2.1 Historia geológica

Existe una estrecha relación en la evolución geológica de la barra y la Laguna de La Paz que se forma hacia el sur de la barra. De hecho, la formación de ambas está ligada con el proceso holocénico de ascenso del nivel del mar a partir de los deshielos del fin del Pleistoceno y con el transporte litoral de sedimentos desde el margen occidental de la bahía (Álvarez-Arellano *et al.,* 1997).

Se han propuesto modelos de evolución geológica que ubican al origen de El Mogote hace 5 o 6 mil años (Osuna-Valdez, 1986; Nava-Sánchez y Cruz-Orozco, 1989). Estas teorías revelan la existencia de campos de dunas activos y escarpes de erosión en la parte occidental, cordones de playa primigenios y vados en donde la barra se hace más ancha, así como ganchos

de depósito, marismas y pantanos de manglar sobre el margen sur de la barra (Mendoza-Maravillas, 1990).

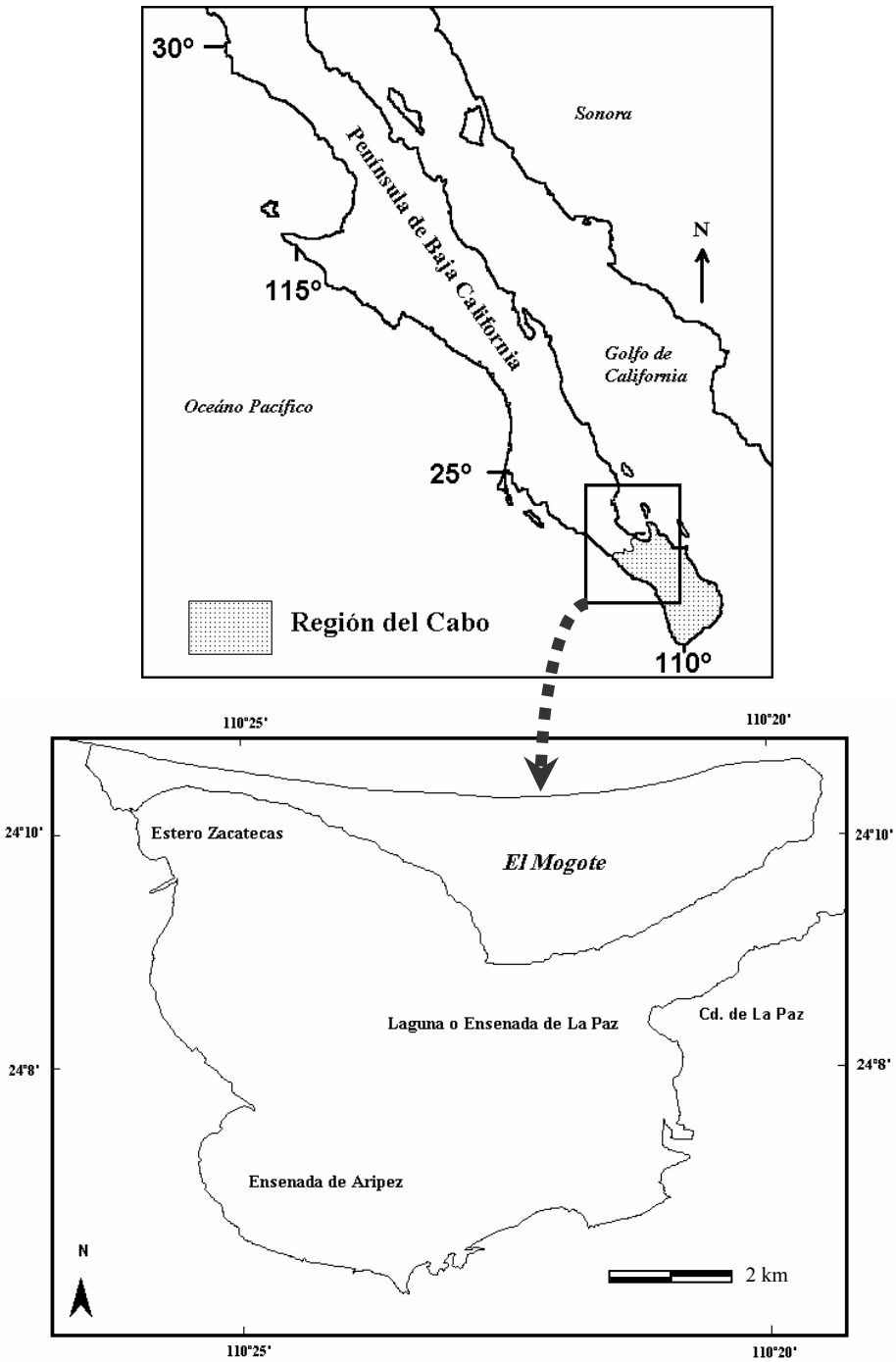

Fig.3.Ubicación y delimitación de la zona de estudio.

6.2.2 Topografía

Los perfiles topográficos de la barra muestran una superficie ligeramente ondulada, las mayores altitudes (aproximadamente 10.40 msnm) se presentan en las dunas activas ubicadas al oeste de la barra. En la parte media se presenta una superficie plana seguida de una topografía de vados y cordones que se extienden a lo largo de esta sección. Por último en el extremo oriental se observan niveles inferiores al nivel medio del mar que corresponden a las entrantes en forma de gancho que se han desarrollado como esteros sobre la barra.

6.2.3 Dinámica del sustrato y sedimentos

La dinámica de los sedimentos que se depositan en la barra ha sido registrada por Brambila-Miranda (1989) quien indica variaciones en el margen norte de El Mogote, en la costa contigua de la ciudad de la Paz y al norte de ésta. Asimismo, menciona que en el extremo este se encuentra bien definido un régimen erosivo invernal y otro de depositación en verano.

Por otra parte, Mendoza-Maravillas (1990), explica que una fuente principal de aporte de sedimentos al sistema litoral lo constituye la porción continental al oeste de la Bahía (San Juan de la Costa) y que este fenómeno ha sido fundamental para la formación de la barra. Adicionalmente, las descargas de sedimentos de los arroyos estacionales que vacían en la zona de la ensenada y la laguna también participan en cierta medida.

El transporte litoral inducido por el oleaje ha sido estimado para el margen norte de la barra arenosa mediante información estadística de la intensidad y duración del viento. Se calculó que el transporte fue del orden de 122,400 m^3 durante 1988 (Peredo-Jaime citado por

Álvarez-Arellano *et al.,* 1997), lo cual brinda una idea del avance en la conformación de la barra.

La dinámica descrita pone de manifiesto que el principal efecto de El Mogote es la protección a la Ensenada de La Paz de la energía proveniente de la bahía en forma de oleaje y viento. La parte norte y este de la barra están más expuestas a los regímenes de marea, oleaje y viento procedentes de la bahía, lo que produce cambios estacionales más notorios en los procesos de transporte y depósito de sedimentos (Álvarez-Arellano *et al.*, 1997). Una relación similar describe Mendoza-Maravillas (1990) al indicar que el campo de dunas activas muestra una estacionalidad entre invierno y verano, con desplazamientos de crestas hasta de 10 m y alturas máximas de 10.40 m.

6.2.4 Litología

Según la carta geológica escala 1: 1 000 000 (INEGI, 1994), el origen de las rocas que forman el suelo de El Mogote es volcánico-sedimentario. En el margen norte de El Mogote se registran depósitos recientes de arena sin consolidar, acumulados en barras compuestas por cuarzo, feldespato y fragmentos líticos y de conchas. Hacia la parte central y sur se presentan depósitos recientes transportados por la acción del viento hacia el interior de la ensenada; los depósitos están integrados por arena de grano fino de cuarzo, feldespato y fragmentos líticos de superficie mellada.

6.2.5 Características edáficas

El tipo de suelo que circunda la zona de estudio según la carta edafológica INEGI (1994) es Re-Yh/2, que corresponde a una asociación de Regosol eútrico con Yermosol háplico. Los Regosoles se caracterizan por no tener horizontes diferenciados y por estar constituidos por sedimentos no consolidados semejantes a la roca que le dio origen. Por otra parte, los Yermosoles háplicos se caracterizan por tener colores claros y por ser pobres en materia orgánica.

Texturalmente Mendoza-Maravillas (1990) distingue en los sedimentos dos tipos de arenas relacionadas con ambientes sedimentarios, particularmente de duna y de playa. El primer grupo (23% de la superficie) está constituido por arenas medias y el segundo (77%) por arenas finas. El grupo de las arenas medias corresponde a un ambiente sedimentario de playa, en el cual las variaciones de energía son mayores. Las arenas finas se encuentran inmediatamente por detrás de las arenas medias y cubren la mayor parte de la zona de estudio.

Se ha demostrado en los componentes químicos del suelo de El Mogote hay una alta correlación entre el pentóxido de fósforo y de calcio con la evaporación así como bajos valores de materia orgánica (0.02 a 0.28%) distinguiéndose los valores más altos de materia orgánica en las marismas que se ubican constantemente hacia la punta de la barra y en una pequeña porción al oeste (Mendoza-Maravillas, 1990).

Aunque no se tienen datos precisos de otras características edáficas para El Mogote, algunos autores como Johnson (1977), Moreno-Casasola *et al.* (1982), Moreno-Casasola y Espejel (1986), han estudiado dunas costeras de la Península de Baja California y del Golfo de

México y consideran que el pH, las sales solubles, la capacidad de intercambio catiónico, los nutrientes, la disponibilidad de humedad, etc. pueden explicar en buena medida los patrones de distribución de la vegetación de dunas costeras y sus relaciones con el ambiente.

Particularmente en los sistemas de dunas se ha visto que la escasez de nutrientes, principalmente de macronutrientes, representa otro factor limitante para el crecimiento vegetal. En estos sistemas las principales entradas de nutrientes son la aspersión salina (Barbour, *et al*, 1985), la precipitación, la inundación por agua marina, el depósito de detritus y el movimiento de arena (Ranwell, 1972). Por otro lado, en las zonas de salitral y manglar la presencia de suelos con exceso de sales es común debido a los procesos de inundación típicos en estos ambientes. Tal hecho propicia la abundancia de iones como Na^{+}, Cl^{-}, CO_3^{-2}, y SO_4^{-2} que actúan como agentes selectivos al establecimiento y desarrollo de plantas y sus microorganismos asociados.

6.2.6 Clima

Ya que no existen estaciones meteorológicas en El Mogote, sus características climáticas se infieren a partir de los datos de la Bahía de La Paz. Esta región se ha clasificado climáticamente como BW(h')hw(e), de acuerdo el sistema sugerido por Köeppen y modificada por García (1973). La clave se refiere a un clima seco o desértico con temperaturas de cálidas a muy cálidas con promedio anual mayor de 22°C, con régimen de lluvias en verano y precipitación anual menor de 200 mm.

Los estudios sobre climatología de la Bahía de La Paz reportan que además del régimen de brisa se pueden identificar otros tres patrones de vientos característicos: vientos del

Noroeste, vientos del norte y vientos del sureste. Mendoza-Maravillas (1990) hace un análisis de esta variable con los datos de la estación climatológica de La Paz y obtiene que en verano es particularmente frecuente (67%) la presencia de vientos del sur. En otoño empieza a invertirse el sentido de los vientos. Para invierno los vientos del norte aumentan su frecuencia (51.6%) y disminuyen los del sur. En primavera se cierra el ciclo anual, encontrando que las frecuencias de los vientos del sur aumentan (35%) nuevamente y las frecuencias de los vientos del norte disminuyen.

La humedad relativa es del orden de 50% durante el día, ocasionando un clima semidesértico. La precipitación anual en la Bahía de La Paz es de 180 mm y la evaporación anual es de 2387 mm en promedio; la máxima precipitación se presenta en el mes de septiembre con 60 mm seguida por agosto con 43 mm y por diciembre con un aporte de 20 mm a la precipitación anual (Jiménez-Illescas *et al*., 1983).

Salinas *et al.* (1990), distinguen de forma general tres épocas del año para Baja California Sur en función de periodos de lluvias. La época I va de marzo a junio, la II de julio a octubre y la III de noviembre a febrero. El periodo seco corresponde a la época I mientras que el periodo lluvioso comprende a las épocas II y III. Característicamente en la Bahía de la Paz predomina la época II y las variaciones son cuasi-bianuales con presencia de fenómenos de "El niño" en ciclos de 7.7 años (Jiménez-Illescas *et al.,*1997).

La cobertura de nubes durante todo el año es de las más bajas de México pues se registran días nublados sólo cuando se acerca una masa de aire tropical y se encuentra con una masa fría, es decir, cuando se aproximan ciclones tropicales (Jiménez-Illescas, 1983).

XII. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Estudio florístico

Se realizaron colectas botánicas *ex profeso* y durante el muestreo de vegetación. El material de colecta fue tratado bajo los métodos de colecta, preparación y montaje tradicionales. Las obras consultadas para la determinación y nomenclatura fueron las siguientes: Shreve y Wiggins (1964) y Wiggins (1980) como obras esenciales; Mason (1957) para la flora de salitrales; para cactáceas se consultó a Rebman (1995) y Anderson (2002) y para pastos a Gould y Moran (1981). Una vez etiquetados los ejemplares se capturó la información taxonómica y ecológica en una base de datos y finalmente se depositaron en la colección botánica del herbario HCIB "Annetta Mary Carter", del CIBNOR.

Se elaboró un listado preliminar extrayendo información correspondiente a la localidad de estudio partiendo de la base de datos del herbario HCIB. Con la lista preliminar se verificó la presencia de los ejemplares en la colección, se actualizó la nomenclatura y se corrigieron las determinaciones. El listado preliminar se fue actualizando y complementando con la adición de nuevos registros.

Los datos obtenidos para flora fueron utilizados para la obtención de gráficas de riqueza específica, representatividad por familias y formas de crecimiento.

7.2 Muestreo de vegetación

Los métodos seguidos en este trabajo retoman las técnicas de muestreo de la escuela fitosociológica de Braun Blanquet desarrollada en Zurich-Montpellier. Estos métodos son ampliamente utilizados en vegetación costera para generar la información elemental, misma que ha sido analizada mediante estadística multivariada por diversos autores (Oosting y Billings, 1942; Johnson, 1977; Van der Maarel, 1982; Moreno-Casasola *et al.*, 1982; Moreno-Casasola y Espejel, 1986) para obtener clasificaciones generales de las costas a lo largo del mundo (Davies, 1980).

La razón de utilizar este método en comunidades costeras es que facilita la estimación de la cobertura de la vegetación rasante, típica de la franja costera, en donde el crecimiento vegetativo no permite identificar a cada uno de los individuos, sobre los cuales se realizarían tradicionalmente determinaciones particulares (densidad, frecuencia, altura, cobertura, DAP, etc.) en otras comunidades vegetales.

La escuela de Braun-Blanquet tiene como unidad de muestreo al "relevé" o "levantamiento" el cual se considera un área representativa de tamaño variable en la que se describe la composición florística y atributos como cobertura, observaciones asociadas referentes a características topográficas, vegetación acompañante, influencia humana, etc. (Müeller-Dombois y Ellenberg, 1974; Kent y Coker, 1992).

La selección de sitios de muestreo se llevó a cabo considerando dos aspectos: 1) las observaciones de reconocimiento general y la literatura disponible acerca del área de estudio y 2) la delimitación de unidades de vegetación mediante interpretación de fotografía aérea escala

1:75 000. La definición de unidades se hizo basándose en características como densidad, tono, textura y color cuyo aspecto es conferido por las especies más conspicuas; tales unidades están encuadradas dentro del tipo de vegetación denominado Matorral Sarcocaule Subinerme de acuerdo con la Carta Estatal de Uso del Suelo y Vegetación escala 1:1 000 000 (INEGI, 1994).

En las unidades de vegetación definidas anteriormente se ubicaron los transectos partiendo de la línea de costa con rumbo norte-sur (Fig. 4). Cada transecto se seleccionó mediante el Sistema de Información Geográfica MapInfo Profesional *versión 5.0* para su posterior localización en campo utilizando un Sistema de Posicionamiento global *GPS* GARMIN *etrex 12 parallel channel* con precisión de ± 3 m.

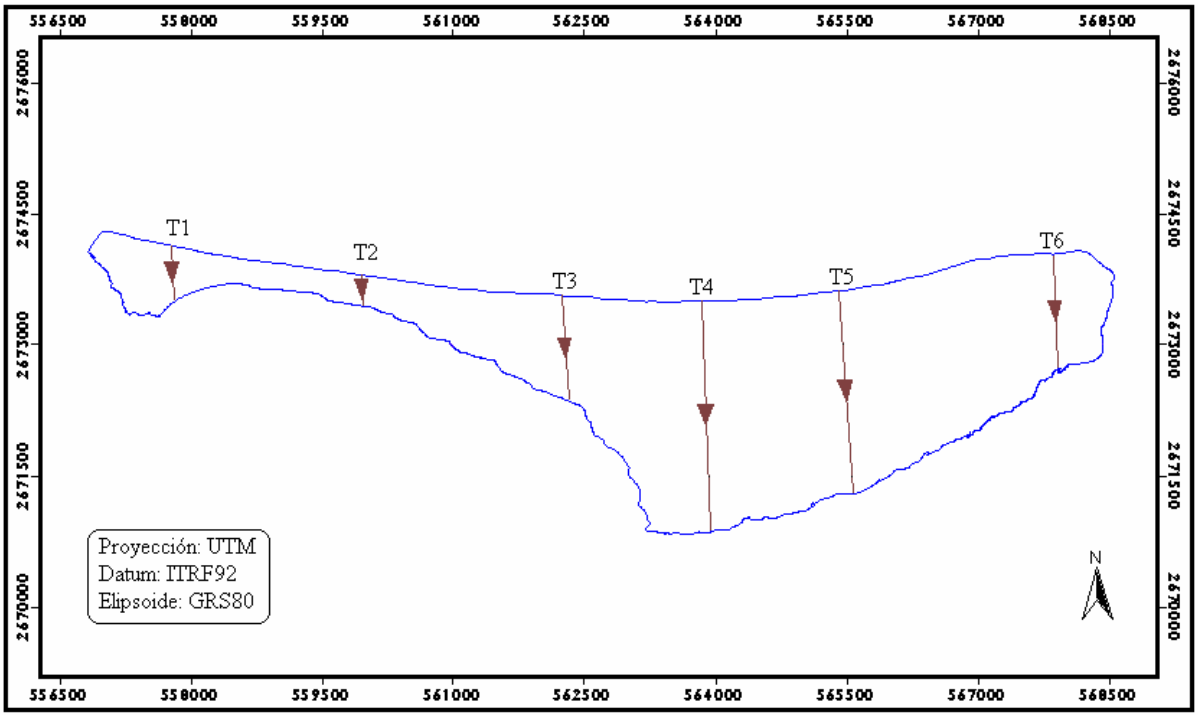

Fig. 4. Propuesta de la ubicación de los sitios de muestreo indicando cada uno los seis transectos.

El enfoque de Braun Blanquet propone la determinación de área mínima, o sea, un área de suficiente tamaño para incluir a prácticamente todas las especies pertenecientes a la unidad de vegetación que se está analizando. Para efecto de comparación estadística se estandarizó el tamaño de relevé a una superficie de 100 m^2 (10 x 10 m). El muestreo se hizo en el sentido norte-sur partiendo desde la aparición de la primer planta en las playas norte y de forma continua hasta el extremo sur de El Mogote, es decir, en la misma dirección del gradiente de vegetación observado.

En cada relevé se registró la cobertura total de la vegetación y la de cada especie. De acuerdo con Kent y Coker (1992) la cobertura es definida como el área de la superficie dentro del cuadrante que es ocupada por la proyección vertical del dosel vegetal de cada especie en perspectiva aérea. Los valores de cobertura para las especies se asignaron conforme a la escala de Braun-Blanquet donde el rango de 0 a 100% se divide en cinco clases como se muestra en la Tabla 1. Para las coberturas totales de los manglares se consideraron dos estratos, uno marcado hasta las formas arbustivas y otro para las formas arbóreas, con lo cual se llegaron a obtener valores totales superiores al 100%.

Tabla 1. Escala de cobertura de Braun-Blanquet usada en este trabajo.

Escala Braun- Blanquet Valor	Cobertura (%)
+	<1
1	1-5
2	6-25
3	26-50
4	51-75
5	76-100

Los levantamientos también incluyeron un esquema o pequeño mapa, donde se muestran datos como topografía, vegetación acompañante, distancia respecto al mar, información geográfica y otras observaciones que se consideraron relevantes para el análisis de la vegetación.

Con el fin de facilitar la interpretación, el método propone el levantamiento de un perfil perpendicular a la línea de costa partiendo desde la playa hacia el gradiente de vegetación. En este caso el transecto se trazó en dirección norte-sur hasta llegar al otro extremo de El Mogote. Para ello, se eligió una zona cercana al transecto 6 que se consideró representativo del gradiente florístico. A lo largo de la línea perpendicular al mar se registró la cobertura, la forma de vida y altura de cada una de las especies intersectadas por dicha línea recta, así como la altura sobre el nivel del mar y la distancia respecto a la línea marea. Con los datos obtenidos se esquematizó un perfil topográfico sobre el cual se señalaron las asociaciones presentes y las especies que las componen.

7.3 Muestreo de suelos

Se eligieron sitios representativos de las principales asociaciones reconocidas en campo con base en las especies dominantes (Fig. 5). En cada sitio se abrió un pozo edafológico en el cual se describió la estratificación de sus capas en términos de: grosor de capas, color en húmedo determinado con las tablas Munsell, reacción al HCl (concentración 10%) para verificar la presencia de carbonatos, abundancia de raíces y otras características físicas como textura al tacto, plasticidad, resistencia y estructura.

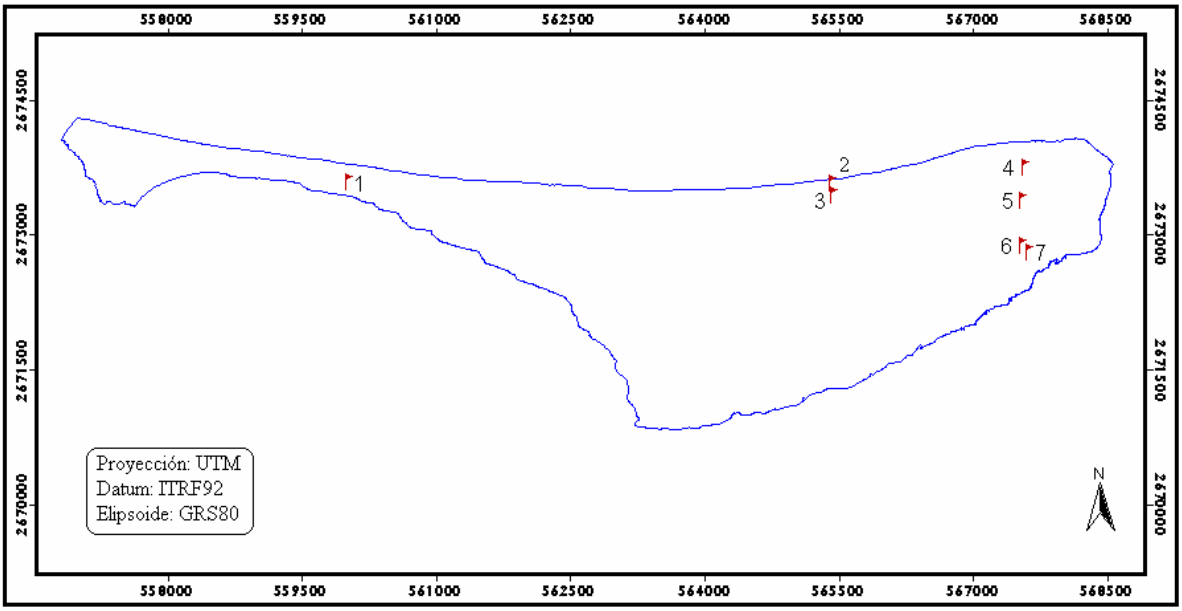

Fig. 5. Ubicación de puntos de muestreo de suelos. Los puntos del 1 al 5 corresponden a la zona de dunas, el punto 6 al salitral y el 7 al manglar.

En cada pozo se tomaron muestras de aproximadamente1 kg. Las muestras se analizaron en los laboratorios de Edafología y de Espectrofotometría de Absorción Atómica del CIBNOR, realizándose las determinaciones mostradas en la Tabla 2, según los manuales de técnicas y procedimientos de los laboratorios mencionados.

Tabla 2. Determinaciones físico-químicas realizadas al extracto de 100 g de suelo por 200 ml de agua.

Determinaciones	Técnica empleada	Autor, año
Físicas		
Textura	Tamiz y pipeta	Folk , R., 1964
Conductividad eléctrica	Puente de conductividad	Jackson., L. M.,1976
Químicas		
pH	Potenciómetro	Jackson, L.M.,1976
Materia Orgánica	Método volumétrico vía húmeda	Walkey-Black., 1934
Carbonatos totales, Calcio y Magnesio	Método volumétrico	Diehl y Cols., 1950
Nitritos y Nitratos solubles	Adaptación a microplaca	Strickland y Parsons 1972.
Potasio y Sodio	Espectrofotometría de absorción atómica.	

7.4 Análisis numérico

7.4.1 Clasificación

Con los transectos muestreados se construyeron matrices de relevés *vs* especies con datos de presencia-ausencia de especies en el cuerpo de la matriz. De los 819 relevés muestreados se depuraron para el análisis aquellos sin cubierta vegetal así como las especies con ocurrencias raras u ocasionales.

De acuerdo a Gauch (1982), es común que antes del análisis se eliminen de la matriz de datos a las especies raras debido a su baja contribución a la clasificación y por lo tanto a la estructura de la comunidad. No obstante, la presencia de taxa raros se puede retomar durante el análisis de la comunidad ya que pueden ser indicadores de condiciones ecológicas particulares (Karr, 1991; Cao *et al*. 1998; citados por Karr y Chu, 1999).

Aunque el nivel de frecuencias límite para ser considerado en el análisis es arbitrario, generalmente se eliminan especies con frecuencias menores al 10% en todo el muestreo (Courtemanch, 1996; Karr y Chu, 1999). En el presente trabajo el límite de frecuencia se estableció empíricamente tratando de mantener primordialmente a las especies más conspicuas, eliminando aquellas con frecuencias menores al 0.5%, en donde una buena proporción se debe a taxa que se presentaron una sola vez en todo el muestreo. A la matriz depurada se le sometió a un análisis de conglomerados (análisis de *cluster*) en modo Q (para relevés) utilizando el paquete Multivariate Statistical Program de Kovach (2002) *versión 3.1*.

La similitud entre relevés se calculó mediante el coeficiente de coligación de Yule el cual incluye la doble ausencia de especies para considerar relevés afines y cuyos valores se encuentran en el rango de 1 a –1.

Para la conformación de grupos se utilizó el algoritmo de aglomeración media ponderada (WPGMA) denominado así por Sneath y Sokal (1973); el algoritmo consiste en dar igual peso en cada par de ramificaciones de manera que los objetos originales sean ponderados (por ejemplo, los objetos en grandes grupos reciben bajos pesos).

De acuerdo con Field *et al.* (1982), en el análisis de patrones de distribución multiespecie es válido establecer convenientemente diferentes niveles de corte para la formación de grupos. Para nuestro caso se verificó el significado lógico de las agrupaciones definidas en los dendrogramas con base en las observaciones de campo y la delimitación previa de unidades de vegetación por interpretación fotográfica.

Adicionalmente se realizaron pruebas de clasificación por transecto considerando la posible existencia de variaciones en la composición de las asociaciones en dirección oeste-este de la barra. Los grupos resultantes del análisis para cada uno de los transectos proporcionaron un panorama general sobre los patrones de distribución de las especies, mismo que se conservó en lo general cuando se analizó la matriz que incluye todos los transectos.

7.4.2 Ordenación

7.4.2.1 Gradientes en la vegetación

Con el fin de complementar y/o corroborar las relaciones de factores ambientales con el análisis de conglomerados (análisis *cluster*) se procedió a realizar los análisis de gradiente para relevés y para características fisicoquímicas del suelo mediante componentes principales (ACP) utilizando el programa *MVSP 3.1* (Kovach, 2002).

Debido a que el número de datos recabados es difícil de visualizar e interpretar en un plano de ordenación, el análisis de gradiente de la matriz de datos relevés *vs* species requirió de un ajuste en el número de relevés por cada asociación de acuerdo a ciertos criterios como el número de relevés y superficie muestreada por asociación y la homogeneidad de la vegetación. Los relevés de la zona de pioneras, por ocupar una delgada franja, se muestrearon a cada 20 m; en la zona propiamente de dunas, matorral y salitral se hizo a cada 200 m, o menos, con el fin de obtener tamaños representativos. Para manglar el muestreo fue igualmente a cada 200 m.

El proceso de ajuste en el número de relevés derivó en una matriz donde los datos de cobertura se manejaron aplicando una transformación $\log_{10}x_{ij}+1$, considerando que este procedimiento re-escala a las especies muy abundantes de forma que éstas no enmascaren a especies poco abundantes, lo cual puede desvanecer el efecto de gradiente como lo señala Field *et al.* (1982). La matriz transformada centrada se sometió al Análisis por Componentes Principales (ACP). Las gráficas resultantes se interpretaron apoyándose en los resultados del análisis de conglomerados con el fin de reconocer las agrupaciones obtenidas y la posible existencia de gradientes de vegetación.

7.4.2.2 Gradientes edáficos

Para precisar los gradientes de vegetación (en función de la cobertura de las especies) a través de gradientes edáficos se analizaron las variables fisicoquímicas del suelo mediante Análisis por Componentes Principales. Se excluyeron variables redundantes como conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos debido a que éstas llevan implícitas de alguna manera a las concentraciones de iones de Ca^{+2}, Na^{+}, Mg^{+2} y K^{+} que se determinaron individualmente. En el caso de variables complementarias como las proporciones de arena-limo-arcilla se tomaron en cuenta sólo a dos de ellas.

Finalmente, se partió de una matriz de 13 variables edáficas: pH, Materia Orgánica (MO), Calcio (Ca^{+2}), Magnesio (Mg^{+2}), Sodio (Na^{+}), Potasio (K^{+}), Nitratos (NO_3^{-2}), Nitritos (NO_2^{-2}), proporción de arcilla (ARCI), proporción de arenas grandes (AREN_G), proporción de arenas medias (AREN_M), proporción de arenas finas (AREN_F), proporción de arenas muy finas (AREN_MF) y 15 estaciones de muestreo que corresponden a las 7 asociaciones en estratos de profundidad variable (Tabla 3). Se realizó el ACP a la matriz de correlación, previa estandarización respecto a cada variable.

Tabla 3. Profundidad de los estratos del suelo muestreados en cada ambiente.

AMBIENTE REPRESENTADO	CLAVE	PROFUNDIDAD (cm)
Pioneras	PION1	0-49
	PION2	49-80
Dunas frontales	DF1	0-85
	DF2	85-120
Dunas posteriores	DP1	0-20
	DP2	20-100
Dunas posteriores del oeste de la barra	DPW1	0-62
	DPW2	62-90
Matorral Sarcocaule	MSC1	0-47
	MSC2	47-100
Salitrales	SAL1	0-36
	SAL2	36-49
	SAL3	49-72
Manglares	MAN1	0-29
	MAN2	29-48

7.5 Mapa de vegetación

Las unidades de vegetación definidas por fotointerpretación estereoscópica se digitalizaron utilizando el Sistema de Información Geográfica Arcview *versión 3.2*. Dicha delimitación previa se ajustó tomando en cuenta los resultados de clasificación numérica y la interpretación de ortofotos digitales escala 1:20 000 (INEGI, 1993), que son ampliaciones 4x de fotografía aérea convencional (1:75 000) rectificadas geométricamente.

Para el ajuste se elaboraron polígonos de cada una de las unidades de vegetación apoyados en campos de control, que no son otra cosa que los relevés típicos de cada asociación ubicados en capas virtuales sobrepuestas. Los polígonos resultantes se

relacionaron con su respectiva asociación y se plasmaron en un mapa de vegetación el cual fue cotejado en campo con base en la fisonomía de la vegetación dominante.

7.6 Atributos ecológicos de las asociaciones

Para cada una de las asociaciones obtenidas en el análisis de conglomerados se manejaron datos de proporción de cobertura relativa (abundancia relativa) expresados como la marca de clase del intervalo de cobertura según la escala Braun-Blanquet. En el cálculo de riqueza específica, diversidad y dominancia se consideraron al total de especies por asociación, incluyendo las especies eliminadas del análisis de clasificación.

7.6.1 Riqueza específica

Se determinó al contabilizar el total de especies por asociación.

7.6.2 Diversidad α Shannon -Wiener

Mediante el programa *MVSP 3.1* (Kovach, 2002), se obtuvo el índice de diversidad de Shannon-Wiener, utilizando los datos de cobertura relativa $\log_e x$ de las especies en cada asociación.

7.6.3 Dominancia

Se calculó el coeficiente simple de dominancia (CSD) como un valor relativo que resulta al dividir la cobertura total de cada especie con respecto al total de la matriz de coberturas por agrupación y cuyo cociente se multiplica por cien. El CSD calculado de esta forma sirve para conocer la distribución de la abundancia del conjunto de especies que

conforman cada asociación así como la(s) especie(s) dominante(s) que son aquellas que tienen CSD con mayor valor (Brower y Zar, 1977; Krebs, 1985; De la Cruz-Agüero, 1994).

7.6.4 Diversidad β

De acuerdo con diversos autores (Whittaker, 1972; Magurran, 1989; Ricklefts y Schluter, 1993) la diversidad β es una forma de medir el grado de reemplazamiento, o tasa de cambio, en la composición cualitativa de distintas comunidades o áreas de muestreo a través de un gradiente ambiental.

A pesar de que existen diferentes versiones para su estimación, básicamente consideran el número de especies nuevas encontradas y las que ya no se encuentran cuando se pasa de una agrupación de vegetales a la contigua.

En este trabajo, el índice se calculó conforme a la propuesta de Wilson y Shmida (1984), de acuerdo al siguiente modelo:

$$\beta = \frac{(a+b)}{2\alpha} \qquad (1)$$

donde:

β : Diversidad β

a : Número de especies ganadas o nuevas encontradas a lo largo de un gradiente o entre asociaciones.

b : Número de especies que desaparecen a lo largo de un gradiente o entre asociaciones.

α : Número promedio de especies entre asociaciones.

Con los valores de diversidad β parcial entre cada asociación se obtiene $\beta\tau$ como una medida total de la diversidad que se obtendría en un sistema con n asociaciones.

$$\beta\tau = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} Bi \quad (2)$$

donde:

n: Número de combinaciones obtenidas (n = 36) al comparar cada par de asociaciones para el cálculo de la diversidad $\beta\tau$.

XIII. RESULTADOS

8.1 Flora

8.1.1 Composición florística

En el Anexo 1 se muestra la lista florística fanerogámica de El Mogote, la cual consiste de 72 taxa distribuidos en 60 géneros y 30 familias. De la flora, 20 taxa pertenecen a alguna categoría infraespecífica, variedad o subespecie.

En la Tabla 4 se observa que las 13 familias principales de la flora de El Mogote, aportan el 74.6% de las especies registradas. El 25.4% restante corresponde a 17 familias representadas por una sola especie.

Tabla 4. Principales familias en la flora de El Mogote.

Familia	Géneros	Especies	% Total especies
Poaceae (Graminae)	8	10	13.9
Cactaceae	5	8	11.1
Asteraceae (Compositae)	5	5	6.9
Chenopodiaceae	3	5	6.9
Fabaceae (Leguminosae)	5	5	6.9
Burseraceae	1	4	5.6
Euphorbiaceae	4	4	5.6
Solanaceae	2	4	5.6
Agavaceae	2	2	2.8
Asclepiadaceae	2	2	2.8
Loranthaceae	2	2	2.8
Malvaceae	2	2	2.8
Nyctaginaceae	2	2	2.8
Total Acumulado	43	55	76.4
17 Fam. Restantes	17	17	23.6
Total General	60	72	100.0

La familia Poaceae fue la más diversa, ya que contribuye con ocho géneros; le siguen Cactaceae, Fabaceae y Asteraceae con cinco géneros cada una. A su vez, los géneros con mayor representación en número de especies fueron *Bursera* (cuatro) y *Lycium* (tres). En términos de riqueza específica por familia, nuevamente la familia Poaceae fue la más abundante (diez especies), seguida de Cactaceae (ocho especies), mientras que Fabaceae, Chenopodiaceae y Asteraceae aportaron cinco especies cada una.

8.1.2 Formas de crecimiento

En principio, la clasificación por formas de crecimiento se refiere a la morfología externa de las plantas, sin embargo, se consideran algunos atributos del desarrollo de las plantas que manifiestan respuestas al ambiente. Las formas de crecimiento consideradas en el presente estudio corresponden con las formas biológicas básicas que reconoce Rzedowski (1978) y con las descritas en la flora de Wiggins (1980); de ellas se reconocen: hierbas anuales, hierbas perennes, arbustos, árboles, trepadoras y parásitas.

Adicionalmente, como una forma arbitraria de representar las formas biológicas de El Mogote se hizo una distinción entre las formas de crecimiento que se reconocen típicamente y otras muy específicas como las suculentas y las de hábitos decumbentes

La Fig. 6 muestra la proporción de las principales formas de crecimiento y las modalidades consideradas. Se observa que los arbustos (Ab) son la forma de crecimiento más característica, pues representan el 38.9% de la flora; cercanamente se ubican las hierbas perennes (Hp) aportando el 31.9%, y en tercer lugar las hierbas anuales (Ha) con el 16.7%, mientras que la cantidad de especies arbóreas (Ar) es notablemente menor a las anteriores

(6.9%). De la misma manera, las trepadoras (Ta) y parásitas (Pa), están representadas sólo por un par de especies en ambos casos.

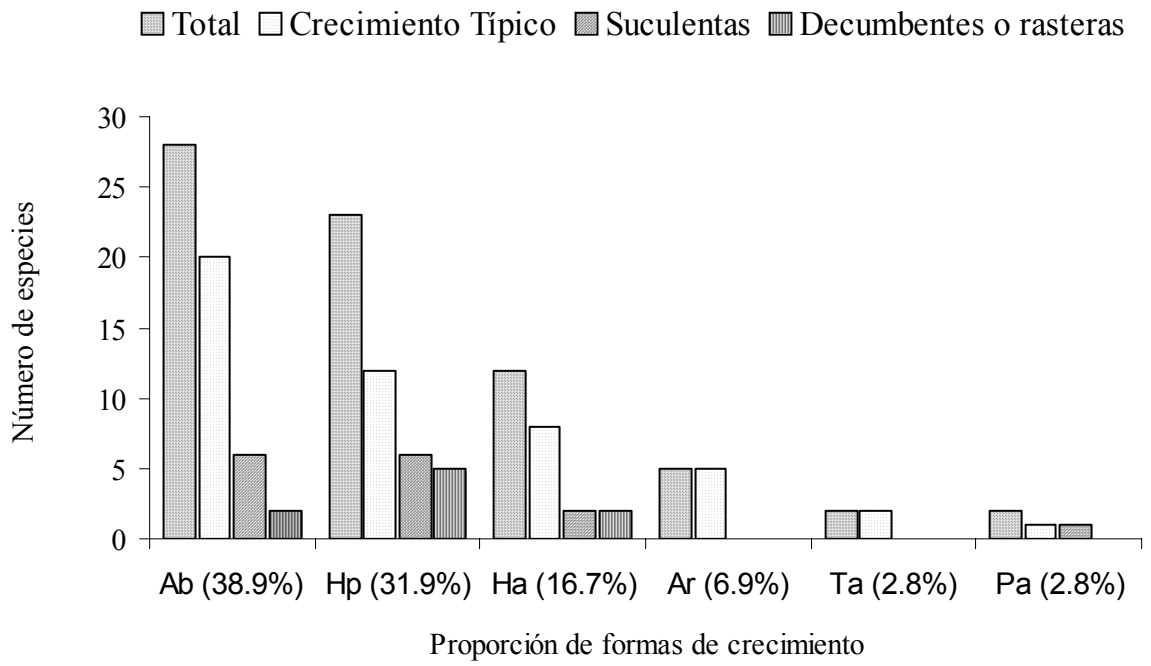

Fig. 6. Proporciones de las Formas de crecimiento de la flora de El Mogote. Ab = arbusto, Ar = árbol, Ha = hierba anual, Hp = hierba perenne, Ta = trepadora y Pa = parásita.
Nota. Algunas proporciones de las formas son incluyentes.

En general, la forma de crecimiento hierba anual incluye a los taxa con tallos estrictamente herbáceos, mientras que en las hierbas perennes se ubican aquellas que soportan la temporada drástica como tallos latentes, semi-lignificados o como bulbos. En la estructura de la vegetación de El Mogote se puede considerar tanto a las hierbas anuales como a las perennes como parte un estrato inferior que puede ser observado fisonómicamente.

En general, las herbáceas anuales son de crecimiento típico pero se distinguen *Sesuvium portulacastrum* y *Salicornia bigelovii* por ser de consistencia suculenta. Algunas

hierbas perennes están representadas por los pastos salados (*Jouvea pilosa*) y otras especies de baja talla (*Amaranthus watsonii*, *Psorothamnus emoryi* var. *arenarius*).

Una especie de amplia distribución en los ambientes de dunas es la golondrina *Euphorbia leucophylla;* sobre ésta se observó que su porte varía en diferentes zonas de la barra. Otras especies que destacan por su consistencia suculenta son el grupo de las saladillas *Salicornia* spp. y *Batis maritima.*

Las trepadoras y parásitas pueden ser plantas herbáceas anuales o perennes. Sólo se encontraron dos especies trepadoras (*Cynanchum peninsulare* y *Phaseolus filiformis*) y dos parásitas (*Phoradendron diguetianum* y *Phrygilanthus sonorae*). Tanto *Cynanchum peninsulare* como *Phoradendron diguetianum* están asociadas frecuentemente con *Cyrtocarpa edulis*, que se presenta de forma abundante en El Mogote sobre todo en la parte central de la barra.

Por otro lado, en los arbustos se incluyen plantas perennes que se ramifican a partir de la base sin formar un tronco bien definido. En la vegetación de El Mogote, el grupo de estas especies conforma el estrato inferior de los arbustos y está representado básicamente por subarbustos como el lomboy *Jatropha cinerea, Krameria paucifolia* una planta sufrutescente y algunas cactáceas como las chollas *Cylindropuntia alcahes, Cylindropuntia cholla.*

Dentro de lo que se consideró el estrato arbustivo superior se registró a la pitaya agria *Stenocereus gummosus* que se caracteriza también por su crecimiento decumbente y a otras cactáceas de mayor talla como las formas columnares que se observan en el garambullo

Pachycereus schottii var. *schottii* y algunas especies arborescentes muy restringidas en su distribución como la pitaya dulce *Stenocereus thurberi* y el cardón *Pachycereus pringlei*.

En el estrato superior de los arbustos, destaca el ciruelo cimarrón *Cyrtocarpa edulis* (Anexo 2a), que es una variante fisonómica de la forma arbórea distribuida en el matorral sarcocaule tierra adentro. Los individuos del ciruelo cimarrón *Cyrtocarpa edulis* de El Mogote se diferencian por la ausencia de un tallo principal bien definido que se ramifica a menos de un metro de altura; presentan tallos tortuosos decumbentes que promueven la propagación vegetativa. De esta forma se pueden generar individuos clonados que se extienden alrededor del árbol madre, alcanzando coberturas de hasta 100 m², así como familias de clones, de porte arbustivo que raramente alcanzan 3.5 m de altura.

De manera similar otras formas típicamente arbóreas que adoptan gruesas formas arbustivas en el ambiente de El Mogote son los copales o torotes del género *Bursera,* cuyos individuos apenas alcanzan alturas promedio de 2.5 m.

Por último, los árboles se definen por la presencia de un tronco evidente que se ramifica a cierta altura y frecuentemente son de talla superior a los arbustos. Las formas arbóreas registradas son: el mangle negro *Avicennia germinans,* el mangle blanco *Laguncularia racemosa* y el mangle rojo *Rhizophora mangle*. Estas especies tienden a poseer un tronco definido, aunque tienden también a ser de porte arbustivo (cuatro metros de altura promedio) debido a que se desarrollan en latitudes extratropicales y en niveles de salinidad significativamente mayores a los de ambientes francamente tropicales, en donde generalmente habitan sobre aguas salobres como formas típicamente arbóreas (Rzedowski, 1978).

Otras formas arbóreas son las leguminosas *Parkinsonia praecox* y *Prosopis articulata,* que también tienden a la forma arbustiva, aunque son poco abundantes y se distribuyen en las dunas del extremo oeste de la barra.

8.1.3 Endemismo y distribución de algunas especies relevantes

No se registraron taxa endémicos en la zona de estudio. Sin embargo, de acuerdo con la revisión de Wiggins (1980), se detectaron especies de relevancia fitogeográfica; entre ellos nueve taxa se consideran endémicos a Baja California Sur. Al nivel de especie se reconocen:, *Bursera filicifolia, Cynanchum peninsulare, Cyrtocarpa edulis, Hyptis laniflora, Mentzelia adhaerens* y *Phoradendron diguetianum.* A niveles infraespecíficos se adicionan *Agave datylio* var. *datylio, Palafoxia linearis* var. *glandulosa* y *Perityle crassifolia* var. *robusta,* éstas dos últimas se distribuyen solamente en la costa este de Baja California Sur y en algunas de las islas del Golfo de California (Fig. 7a - a y b)**.**

De las especies enlistadas anteriormente resalta *Agave datylio* var. *datylio* (Anexo 2b), debido a que ha sido reportada por León de la Luz *et al.* (1999) como endémica de la Región del Cabo. Se distribuye en abundancia en los alrededores de la Bahía de La Paz (Fig. 7a-c) asociada frecuentemente con vegetación de matorral sarcocaule.

Algunos taxa como *Bursera filicifolia, Hyptis laniflora, Phoradendron diguetianum y Mentzelia adhaerens* son de distribución más amplia, extendiéndose en ambos flancos de la península desde la Sierra de la Giganta hasta la Región del Cabo, en donde abundan notablemente (Fig. 7b). La trepadora *Cynanchum peninsulare* se ha registrado especialmente

en la costa suroeste de la península, aunque también se le ha colectado en los alrededores de la ciudad de La Paz y en la isla Catalina (Fig. 7b-e).

Finalmente el ciruelo *Cyrtocarpa edulis* se distribuye a lo largo de toda la península pero de forma abundante en la Región del Cabo en donde habita en márgenes de arroyos, en superficies con pendientes suaves y sobre suelos arenosos como sucede en El Mogote.

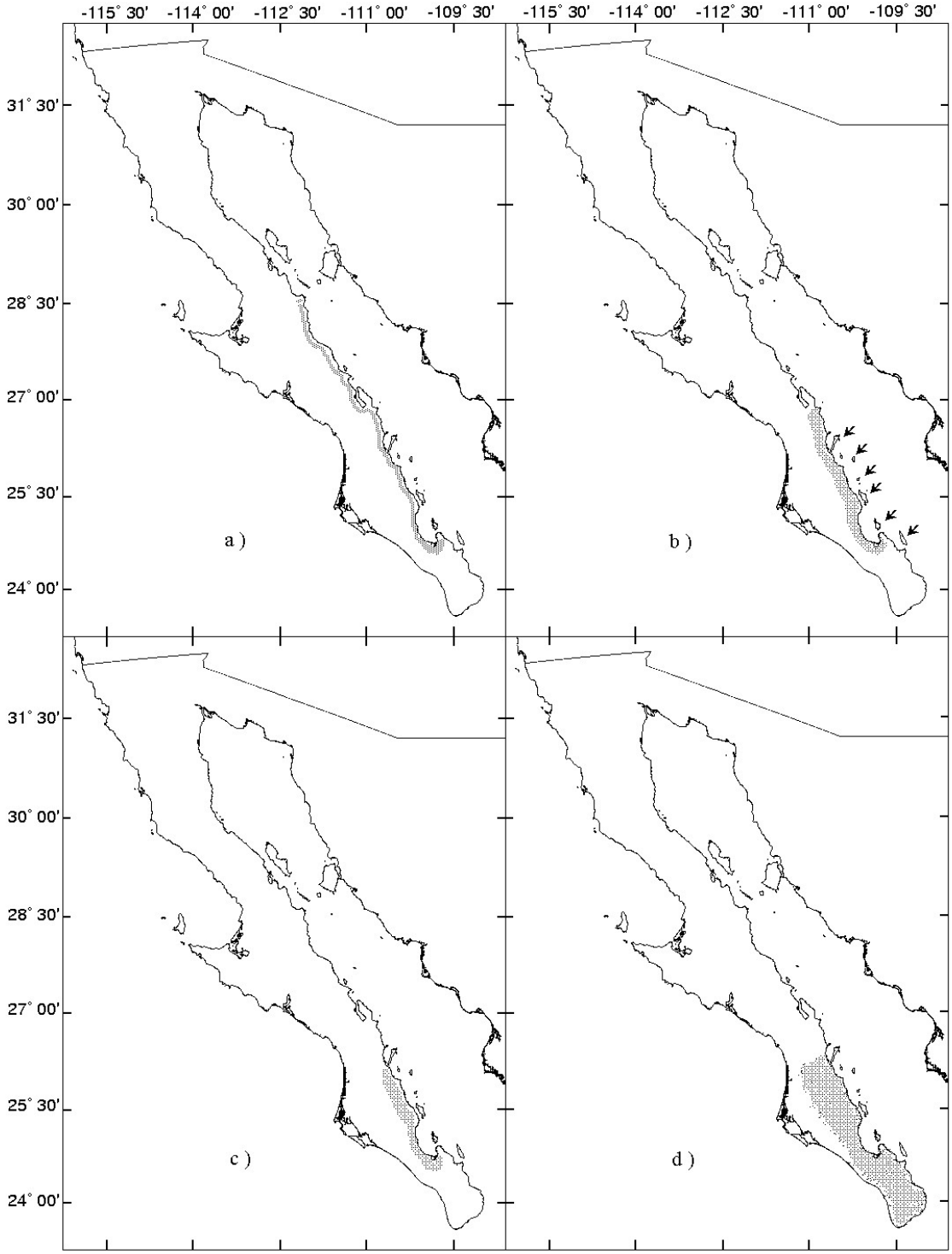

Fig 7a. Áreas de distribución de algunos taxa endémicos de Baja California Sur que se encuentran en El Mogote, de acuerdo a Wiggins (1980). a) *Palafoxia linearis* var. *glandulosa,* b) *Perityle crassifolia* var. *robusta,* c) *Agave datylio* var. *datylio,* d) *Bursera filicifolia.*

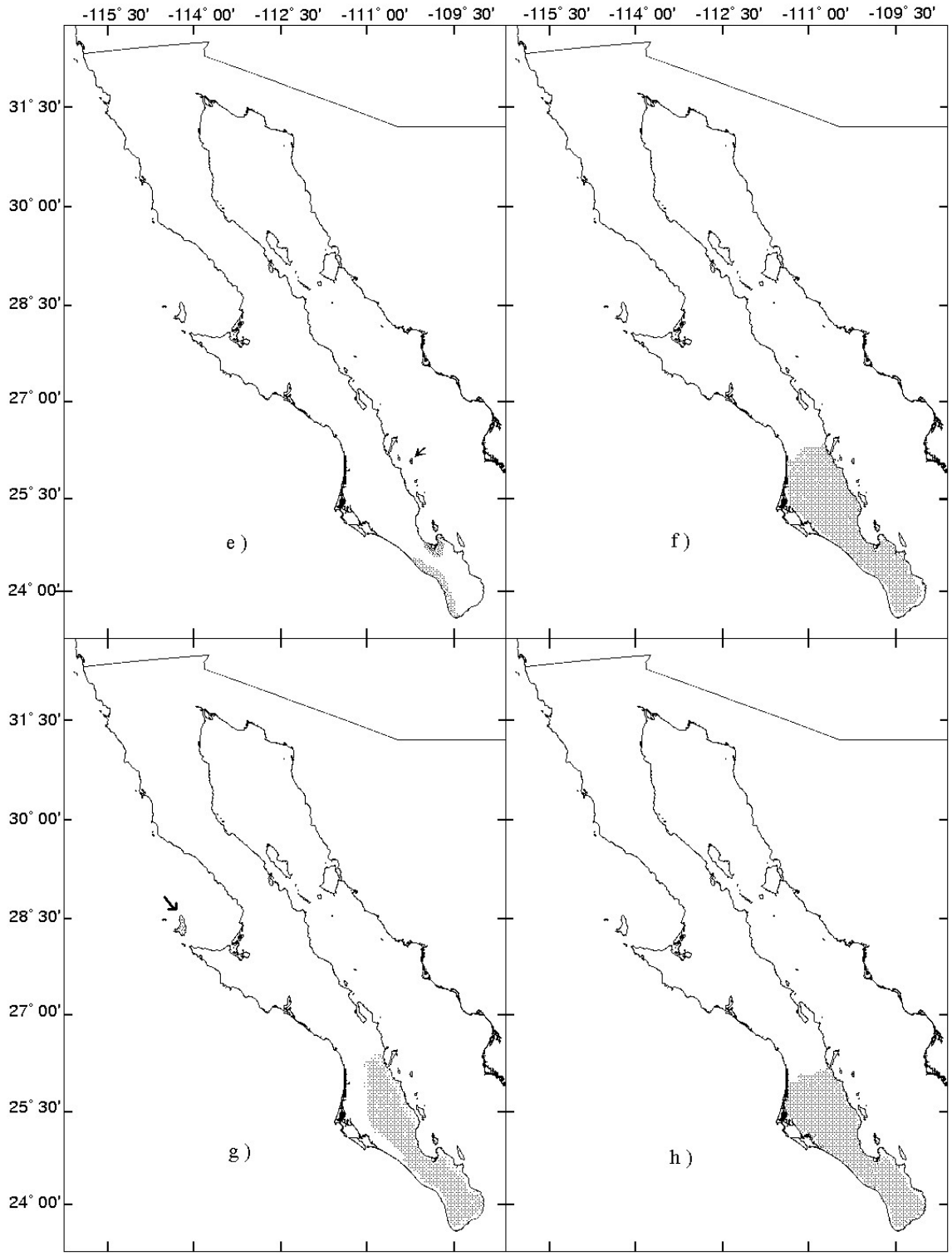

Fig. 7b. Áreas de distribución de algunos taxa endémicos de Baja California Sur que se encuentran en El Mogote, de acuerdo a Wiggins (1980). e) *Cynanchum peninsulare*, f) *Hyptis laniflora*, g) *Mentzelia adhaerens* y h) *Phoradendron diguetianum*..

Otras especies son importantes debido a que El Mogote marca el límite extremo de su distribución geográfica. Tal es el caso de la riñonina *Ipomoea pes-caprae* (Anexo 2c), que es una planta herbácea rastrera pionera de dunas, típica de ambientes tropicales. En la Península de Baja California se presume de su existencia ancestral desde Bahía Magdalena en el Pacífico (León de La Luz, *com. pers*.), bordeando la costa y alcanzando su límite máximo por el Golfo de California tal vez en El Mogote. Esta especie muestra también una distribución restringida dentro del área de estudio, pues se le encontró únicamente en los alrededores de las dunas activas, tanto en el lado de la bahía como hacia la ensenada en donde es más abundante, tal vez por estar más protegidas de disturbios humanos (Fig. 8).

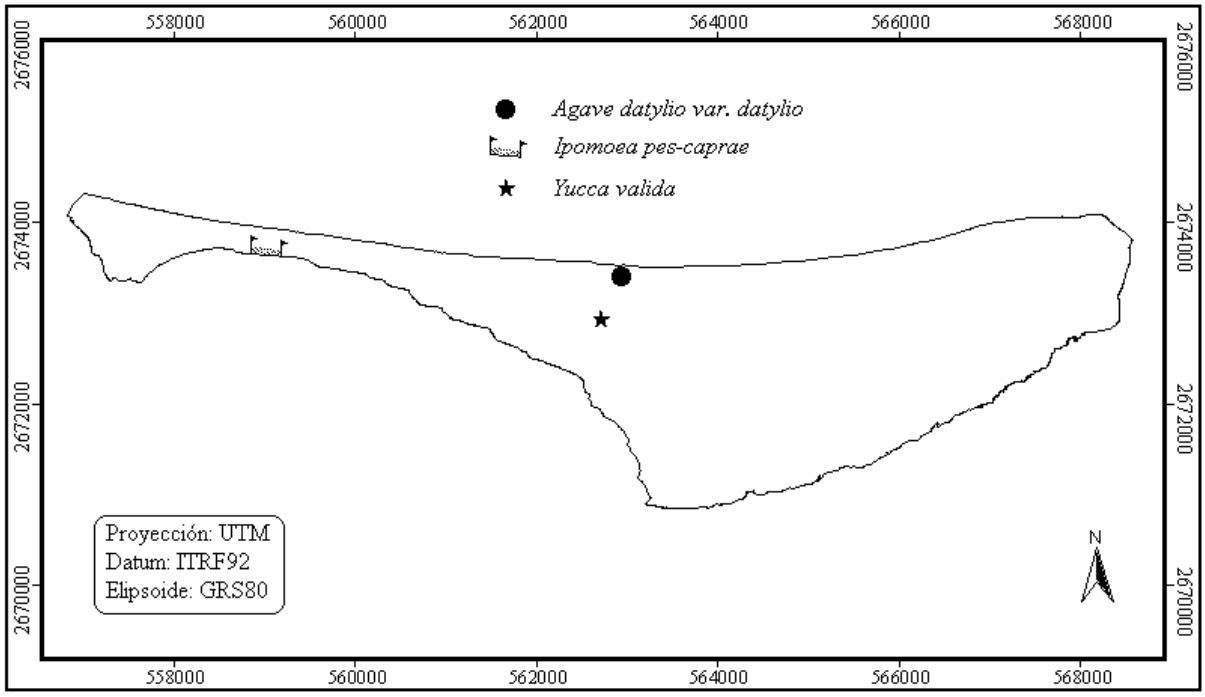

Fig. 8 Distribución de poblaciones confinadas a zonas restringidas de El Mogote.

Otra especie que limita su distribución hacia el norte de El Mogote es la golondrina *Euphorbia leucophylla* subsp. *comcaacorum* cuyos registros para las costas del Golfo de California se ubican al noroeste de Sonora (The Plant Names Project, 1999) y en la Región del Cabo, en donde limita su distribución sobre la Costa este de Baja de California Sur hasta las latitudes de El Mogote.

Para el caso de la leguminosa *Psorothamnus emoryi* var. *arenarius* se detectó que hacia el sur de la barra se encuentra asociada con vegetación costera de dunas, mientras que hacia el norte de El Mogote se presenta como una ruderal.

De amplia distribución en la península, pero que en El Mogote se confina a una zona específica, es el dátil *Yucca valida* (Anexo 2d), una agavácea que se encuentra asociada principalmente al matorral xerófilo en localidades discontinuas. En la zona de estudio se presenta como una colonia con aproximadamente 112 individuos de distintas edades localizada en la zona de dunas protegidas en la porción centro-oeste, cerca de otra colonia única del agave *Agave datylio* var. *datylio* localizada en los primeros cordones de dunas ocupando una superficie estimada de una hectárea (Fig. 8).

8.2 Vegetación

8.2.1 Esfuerzo de muestreo

Se muestrearon 819 relevés que corresponden a 81 900 m^2 y representan un 0.5% del área de estudio. En la Fig. 9 se indica la ubicación del muestreo en donde el transecto seis (T6) se desvió de la ruta original en línea recta debido a la dificultad para desplazarse en medio del manglar.

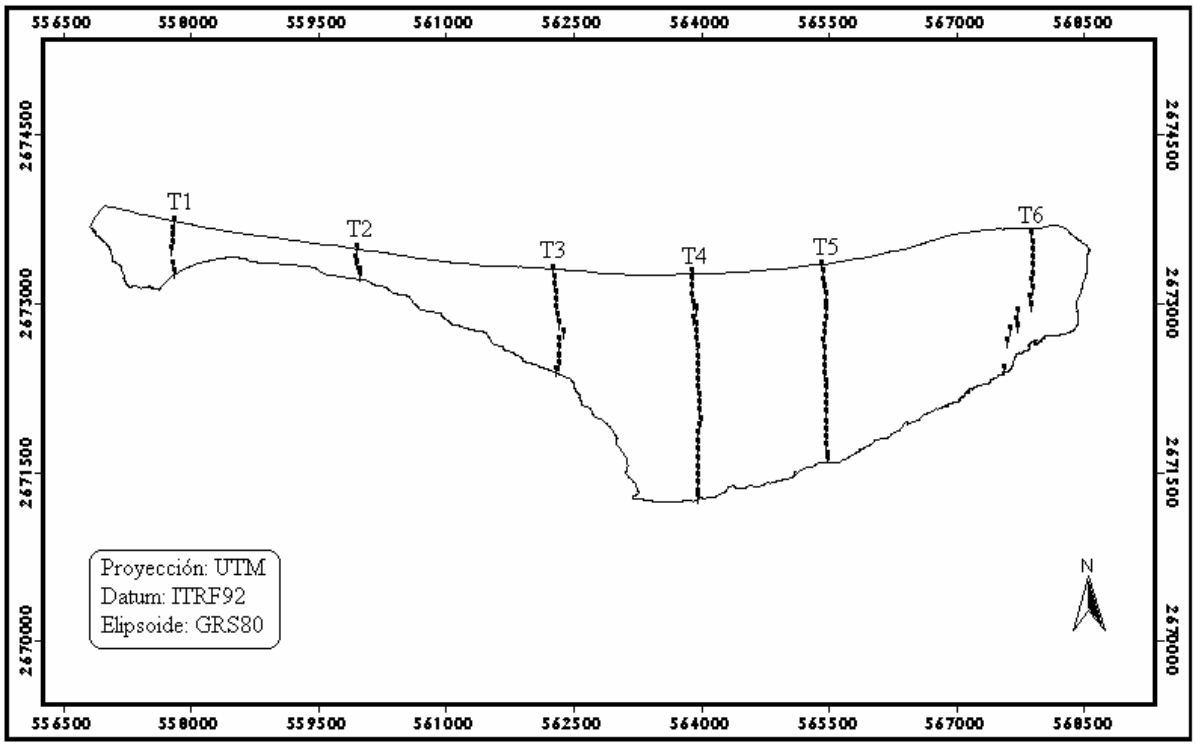

Fig. 9. Ubicación de los puntos de muestreo de vegetación. T1-T6: Transectos con relevés a intervalos de 90 m.

8.2.2 Clasificación

El análisis de conglomerados se realizó a partir de 802 relevés y 31 taxa. En total se probaron 15 combinaciones de análisis de conglomerados utilizando diferentes índices de similitud y estrategias de aglomeración. En la definición de asociaciones del dendrograma final no se consideraron como tal a los grupos formados con menos de 5 relevés, por considerarse agrupaciones casuales.

La síntesis del análisis de conglomerados de los relevés (Fig. 10) muestra el dendrograma más parsimonioso que es compatible con lo apreciado fisonómicamente en campo. En primer instancia se diferenciaron tres grandes grupos correspondientes a las siguientes comunidades vegetales costeras: vegetación de dunas (VD), salitral (SAL) y manglares (MAN), las cuales han sido registradas por Pérez-Navarro (1995) para El Mogote.

El grupo constituido por la vegetación de dunas (VD) mostró una zonación en cinco grupos a los que se denominaron asociaciones, ellas son: pioneras (PION), dunas frontales (DF) y dunas posteriores semiestables (DP), dunas posteriores del oeste de la barra (DPW) y matorral sarcocaule (MSC). El primer grupo denominado PION se conformó por 27 relevés a un nivel de 0.987 de similitud, a éste se unió en 0.378 de similitud el grupo de 138 relevés denominado DF. El cluster anterior se une aproximadamente a la mitad del dendrograma (0.098 de similitud) con un segundo grupo conformado por DP (170 relevés), MSC (193 relevés) y DPW (23 relevés) este último es un tipo especial de dunas posteriores que se presentaron sólo en la parte oeste de la barra, cerca de las dunas activas.

En general la VD (VD = PION + DF + DP + DPW + MSC) se distribuye desde el norte del Mogote a partir de la playa hacia el interior de la barra. Dicho grupo se fusionó con otro grupo conformado por los salitrales en un nivel de similitud relativamente bajo (-0.636). Finalmente, la VD y SAL se unieron al grupo de los manglares en un nivel de similitud todavía menor (-0.968).

Para los SAL se puede observar en el dendrograma una diferenciación de dos grupos que corresponden a las asociaciones denominadas SALH (salitrales inundables) y los SALS (salitrales no inundables) los cuales se definieron a niveles de similitud de 0. 758 y 0.493 y a partir de 87 y 42 relevés, respectivamente. En el caso del manglar también fue posible diferenciar claramente dos asociaciones, ambas se definieron en el nivel más alto de similitud (1.0 en escala de Yule). La primera fue denominada manglar interno (MANI) por encontrarse generalmente en la vecindad inmediata al salitral y se definió a partir de 71 relevés; mientras que la segunda el manglar externo (MANE) se conformó a partir de 23 relevés.

El dendrograma permitió identificar afinidades en cuanto a composición de especies. En primer lugar se observó alta semejanza entre los grupos de VD, en donde el ambiente semi-desértico está representado por el MSC. Por otro lado, se hizo evidente que la composición florística del manglar y el salitral están pobremente relacionadas con las cuatro primeras.

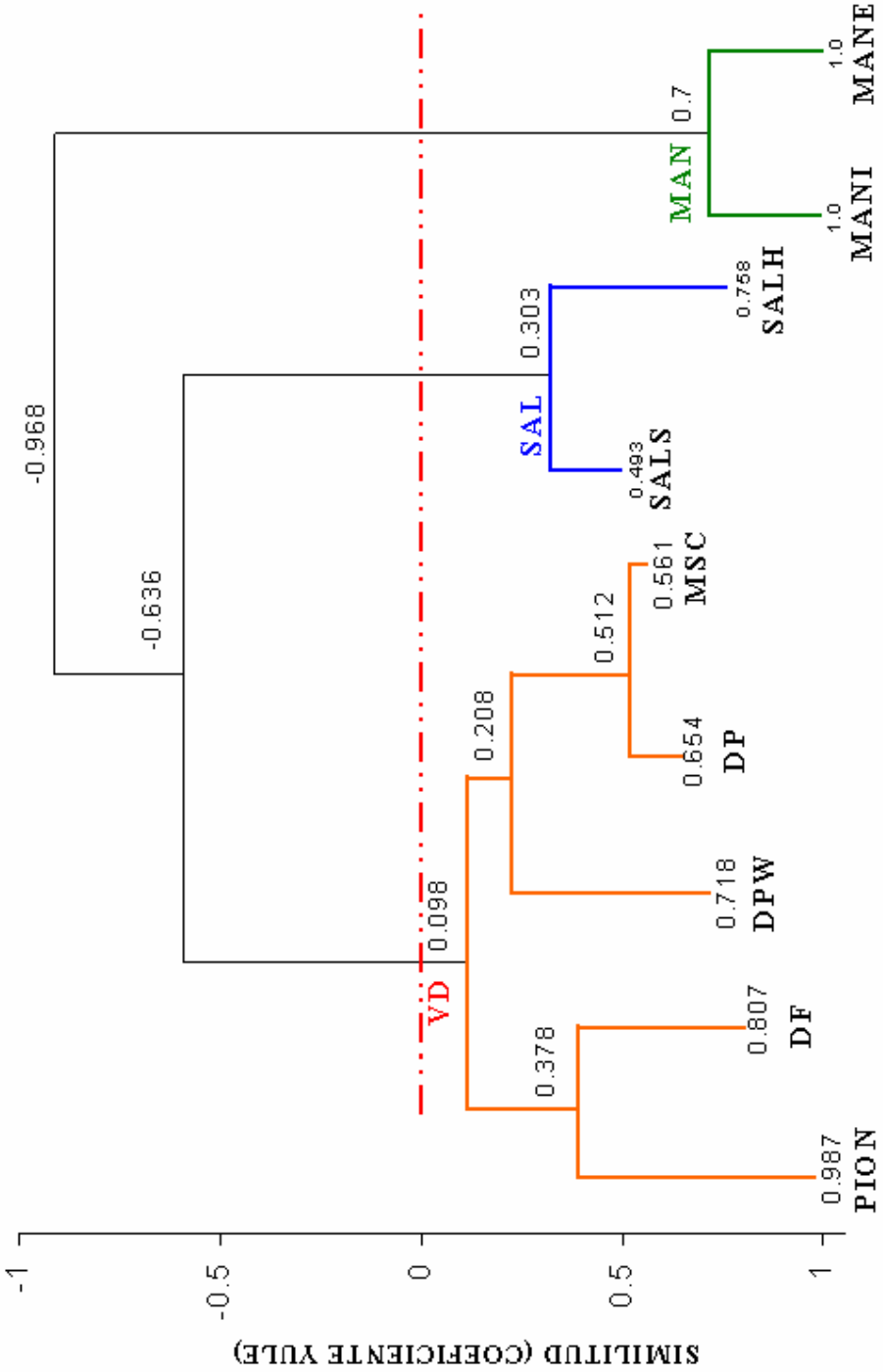

Fig. 10 Dendrograma del análisis de conglomerados de 802 relevés.levantados sobre transectos en dirección N-S de El Mogote. Asociaciones: DF = dunas frontales, DP = dunas posteriores, DPW = dunas posteriores del oeste, MSC = matorral sarcocaule, MANE = manglar externo, MANI =manglar interno, PION = pioneras, SALH = salitrales inundables, SALS = salitrales no inundables.

8.2.3 Ordenación

8.2.3.1 Gradientes de vegetación

En la tabla 5 se muestran los resultados del ACP para la ordenación de 115 relevés con base en la cobertura de 31 especies. En conjunto los primeros 5 CP acumularon el 60% de la varianza total, ello da idea de la complejidad del gradiente observado, debido a que la varianza estuvo repartida homogéneamente en los CP subsecuentes.

Por un lado, el primer eje de ordenación o CP1 estuvo determinado por *Jatropha cinerea* (con un peso de 0.47 en CP1) y *Batis maritima* (0.4); el segundo CP estuvo determinado por *Abronia maritima* (0.41) y *Cyrtocarpa edulis* (0.4).

Tabla 5. Resultados de la ordenación de los relevés por Componentes Principales que acumulan 60% de la varianza total.

	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
Eigenvalores	0.89	0.39	0.36	0.30	0.25
% Varianza explicada	24.52	10.78	10.02	8.24	6.74
% acumulado	24.52	35.29	45.32	53.55	60.30

Considerando el relativo alto valor del primer componente (24.5% de la varianza total) y la interpretabilidad del plano de ordenación CP1 *vs* CP2, se explicó el gradiente con base en los dos primeros CPs. Esta decisión, además de tener sentido práctico, se apoyó con el criterio gráfico de Cattell (1966) para la extracción de CPs, el cual recomienda retener los CPs que quedan a la izquierda del punto donde disminuyan considerablemente los eigenvalores (Fig. 11). En este caso no se aplicó el criterio de Kaiser (1960) dado que los eigenvalores tienen valores inferiores a la unidad.

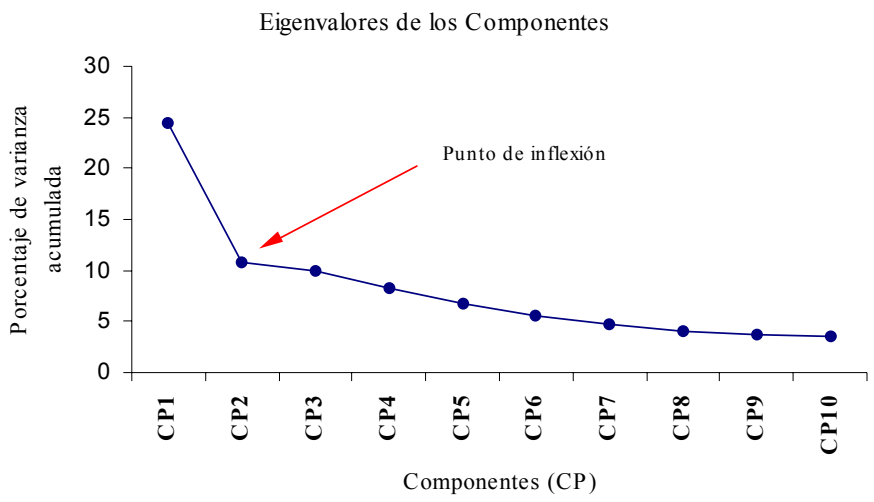

Fig. 11. Prueba gráfica de Cattel para extracción de CPs. Se muestran los primeros 10 Componentes.

En la Fig. 12 se muestran en la combinación CP1 *vs* CP2, en donde se puede notar en el extremo derecho a los relevés correspondientes a MSC, principalmente. En el extremo izquierdo se encuentran los relevés de MANE. Los resultados obtenidos en la ordenación muestran un patrón en el que los ambientes más expuestos a la salinidad por influencia marina, se ubican hacia el extremo negativo de CP1**.** Especies ampliamente adaptadas a esas condiciones son las que habitan MAN (MANE Y MANI) y SAL (SALH Y SALS), en menor grado las que se encuentran en los primeros cordones de dunas cercanos a la playa (PION, DF y DPW) y posiblemente las que se encuentran en el extremo derecho no soporten tales condiciones.

El CP2 se debe al gradiente de variaciones en la estabilidad del suelo, observándose que la estabilidad aumenta hacia las zonas internas de la barra. La zona de PION y los primeros cordones de dunas como las DPW y DF corresponden a las menos estabilizadas. Las zonas de estabilidad media corresponden a algunos relevés de MAN, SAL, DP y en el extremo

inferior se encuentra una mayor proporción de relevés de MSC que indican una relativa mayor estabilidad del sustrato.

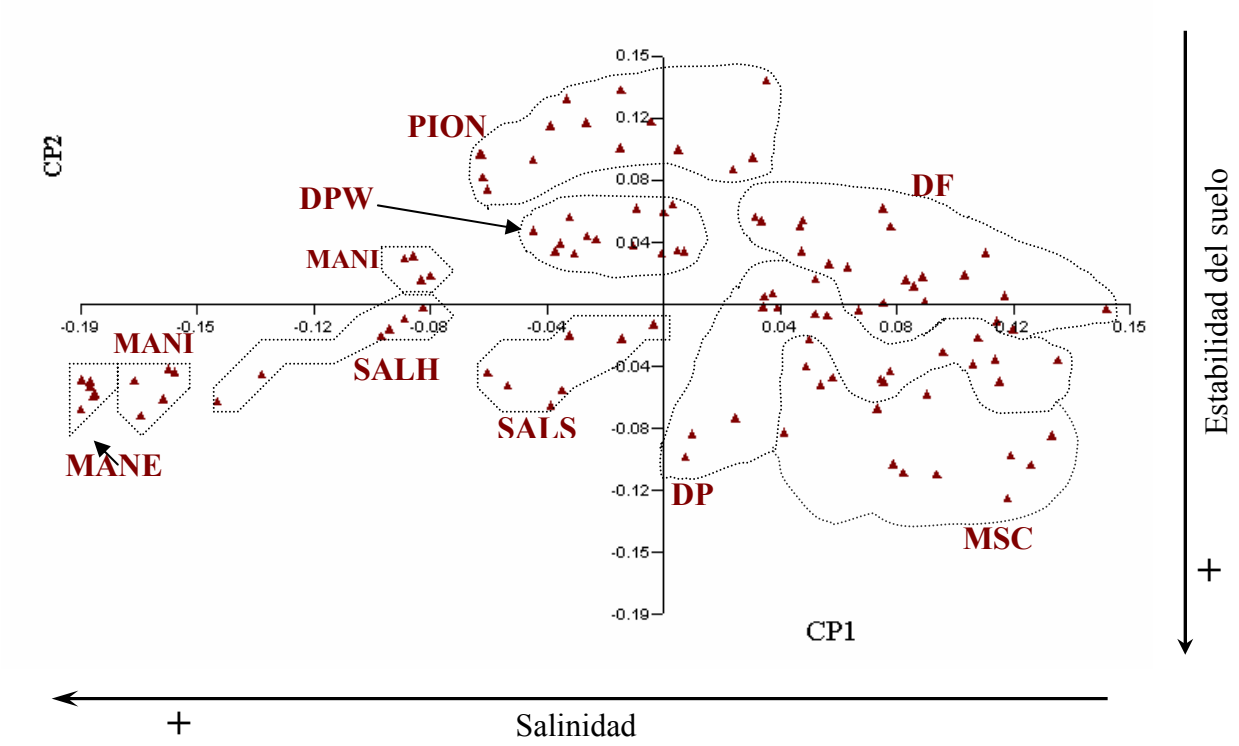

Fig. 12. Ordenación de relevés con base a la cobertura de especies. DF = dunas frontales, DP = dunas posteriores, DPW = dunas posteriores del oeste, MSC = matorral sarcocaule, MANE = manglar externo, MANI =manglar interno, PION = pioneras, SALH = salitrales inundables, SALS = salitrales no inundables.

8.2.3.2 Gradientes edáficos

El ACP para 13 variables edáficas en siete puntos de muestreo (DF, DP, DPW, MAN, MSC y SAL) mostró un patrón similar al observado en la ordenación de relevés. De acuerdo con el criterio de Kaiser (1960), en la Tabla 6 se observa que son significativos 4 Componentes Principales (CP), con los cuales se explica aproximadamente el 83% de la varianza total de los parámetros fisicoquímicos del suelo. Tan sólo con los primeros tres CPs se alcanzó una proporción considerable de varianza acumulada (72.3%).

La tabla 6 muestra la importancia de los parámetros físico-químicos del suelo según el ACP. Dentro del primer CP las concentraciones de los iones de K^+ y Na^+ fueron los que mostraron un mayor peso (coeficientes de 0.417 y 0.415 respectivamente), el CP2 estuvo definido por la textura del suelo, fundamentalmente por la proporción de arenas medias (coeficiente = -0.613) y finas (coeficiente = 0.613), el CP3 es determinado por el pH (coeficiente = 0.643) y el CP4 por el Magnesio (coeficiente = –0.574).

Tabla 6. Resultados de la ordenación para 13 variables edáficas. Se muestran los eigenvalores y la importancia de las variables en los componentes principales extraídos según el criterio de Kaiser (1960).

Variables	CP1	CP2	CP3	CP4
pH	0.099	-0.130	**0.643**	0.154
MO	0.363	0.010	-0.315	0.146
Ca^{+2}	0.407	0.045	-0.03	-0.163
Mg^{+2}	0.096	0.138	0.351	**-0.574**
Na^+	**0.415**	-0.027	-0.048	-0.112
K^+	**0.417**	-0.019	-0.098	-0.077
NO_3^{-2}	-0.191	-0.188	-0.444	-0.395
NO_2^{-2}	-0.057	0.310	-0.226	0.342
AREN_G	0.300	-0.148	-0.239	0.207
AREN_M	-0.112	**-0.631**	0.025	0.051
AREN_F	-0.112	**0.631**	-0.027	-0.099
AREN_MF	0.194	0.103	0.201	0.456
ARCI	0.380	0.008	0.066	-0.211
Eigenvalores	5.54	2.14	1.72	1.35
% Varianza explicada	42.62	16.44	13.27	10.40
% acumulado	42.62	59.06	72.32	82.73

Variables: pH, MO = materia orgánica), Ca^{+2} = Calcio, Mg^{+2} = Magnesio, Na^+ = Sodio, K^+ = Potasio, NO_3^{-2} = nitratos, NO_2^{-2} = nitritos), AREN_G = proporción de arenas gruesas (> 600µm), AREN_M = proporción de arenas medias (250µm - 650µm), AREN_F = proporción de arenas finas (125µm > 250µm), AREN_MF = proporción de arenas muy finas (63µm > 125µm) y ARCI = proporción de arcillas.
Nota: Se resaltan los coeficientes de las variables con mayor peso en cada componente.

La ordenación de las agrupaciones vegetales en términos de las 13 variables edáficas analizadas, muestra en general una polarización de los ambientes (Fig 13), en donde, por un lado, se encuentran los manglares (MAN) y salitrales (SAL), cuyo primer estrato se encuentra en la condición promedio de los parámetros fisicoquímicos analizados y por otro lado se ubican a los ambientes de dunas. El CP1 estuvo representado por la concentración de K^+, los mayores valores de este ión se encontraron en MAN y SAL, mostrando una disminución hacia el norte de la barra, excepto en DPW (dunas posteriores del oeste) donde fue considerablemente más alto con relación a las otras agrupaciones de dunas.

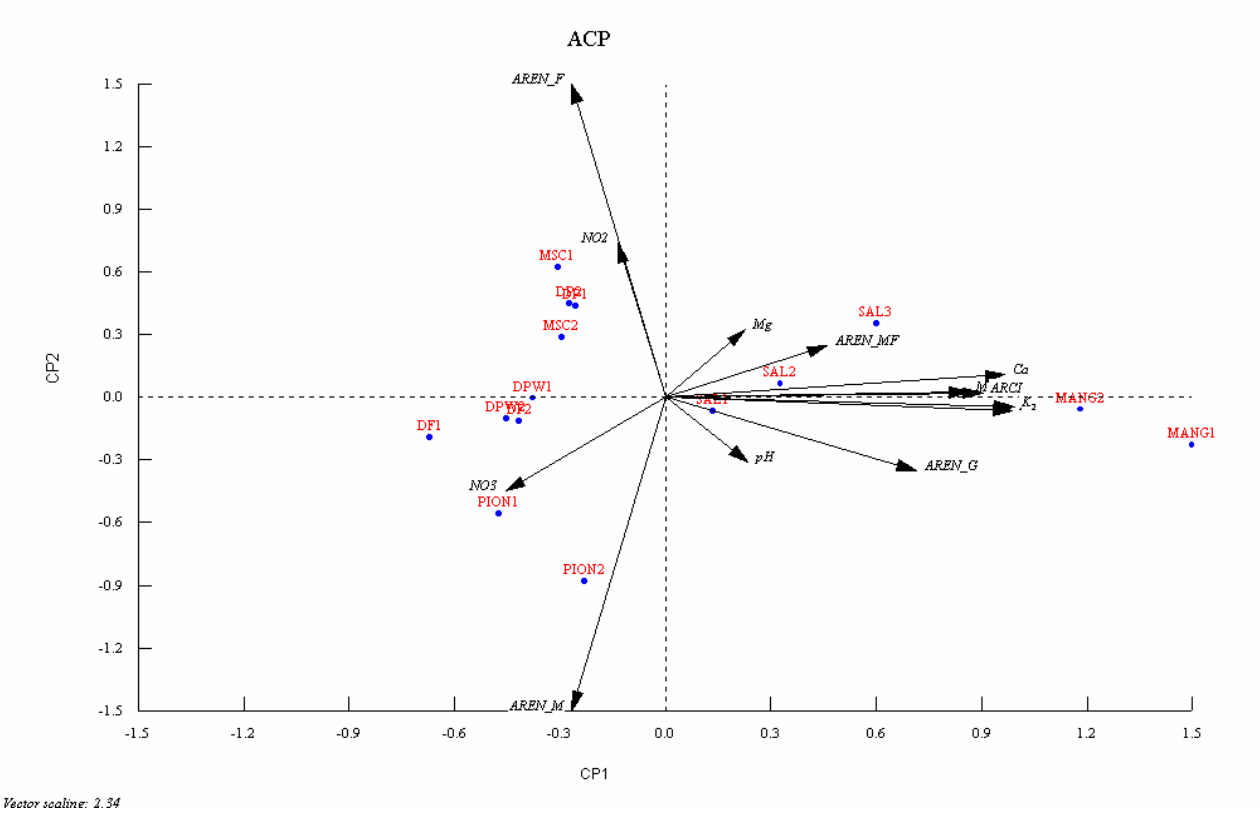

Fig. 13. Ordenación general de las asociaciones con base en 13 variables edáficas y en función de la profundidad de las muestras: DF1 (0-85 cm), DF2 (85-120 cm), DP1 (0-20 cm), DP2 (20-100 cm), DPW1 (0-62 cm), DPW2 (62-90 cm), MSC1 (0-47 cm), MSC2 (47-100 cm), MAN1 (0-29 cm), MAN2 (29-48 cm), PION1 (0-49 cm), PION2 (49-80 cm), SAL1 (0-36 cm), SAL2 (36-49 cm) y SAL3 (49-72 cm).

Las concentraciones de los iones Na^{+} y Ca^{+2}, también consideradas como variables de importancia en el CP1, mostraton un comportamiento similar. Sin embargo, el gradiente en cuanto al ión Na^{+} no disminuye precisamente hacia el norte de la barra, ya que por la vertiente de la Ensenada de la Paz los mayores valores se hallaron en las agrupaciones de MAN y SAL, mientras que hacia la Bahía, se encontraron altas concentraciones de este ión en las dunas posteriores del oeste (DPW) y pioneras (PION), por lo que el hecho parece estar ligado a la cercanía al mar. En el caso del Ca^{+2}, las concentraciones disminuyen en dirección sur-norte de la barra.

El CP2 está representado por la textura del suelo y permite observar un gradiente en las agrupaciones de dunas. Aunque todas fueron clasificadas como 100% arena, se diferenciaron únicamente por la proporción de arenas medias y finas. De modo que los ambientes del interior como matorral sarcocaule (MSC) y dunas posteriores (DP) se caracterizan por tener sustratos con texturas en donde predominan las arenas finas, mientras que en el margen norte de la barra en la zona de pioneras, los sustratos tienen mayor proporción de arenas de tamaño medio. En oposición, se presentaron texturas areno-limosas y areno-arcillosas en las zonas del MAN y SAL, en donde fueron notoriamente bajas las cantidades de nitratos y nitritos solubles (<0.01 mg kg suelo^{-1}).

Para confirmar el gradiente edáfico en el sustrato de las dunas se realizó otro ACP considerando solamente a las asociaciones vegetales de dunas. Mediante el criterio de Kaiser (1960) se extrajeron cuatro CPs de los cuales los primeros dos explicaron el 37.1% de la varianza total (Tabla 7). La variable con mayor peso en el CP1 fue la proporción de arenas

medias (coeficiente = -0.427), mientras que en el CP2 la variable más importante fue la concentración de nitratos (coeficiente = -0.491).

Tabla 7. Resultados del ACP para 12 variables edáficas de ambientes francamente arenosos. Se muestra la importancia de las variables y la varianza explicada por los componentes extraídos según el criterio de Kaiser (1960).

Variables	CP1	CP2	CP3	CP4
pH	-0.164	0.413	-0.284	-0.297
MO	0.344	-0.021	0.459	-0.168
Ca^{+2}	0.412	0.116	-0.111	-0.107
Mg^{+2}	-0.34	-0.311	0.001	-0.081
Na^{+}	-0.208	0.399	0.045	0.486
K^{+}	0.134	0.239	0.116	**0.669**
NO3	-0.167	**-0.491**	0.174	0.07
NO2	0.256	0.105	**0.544**	-0.103
AREN_G	-0.2	0.267	0.508	-0.205
AREN_M	**-0.427**	0.133	0.179	-0.073
AREN_F	0.41	-0.198	-0.16	0.131
AREN_MF	0.158	0.35	-0.196	-0.321
Eigenvalor	4.452	2.545	1.908	1.443
% de varianza explicada	37.102	21.21	15.898	12.024
% varianza acumulado	37.102	58.313	74.211	86.235

Variables: pH, MO = materia orgánica, Ca^{+2} = Calcio, Mg^{+2} = Magnesio, Na^{+} = Sodio, K^{+} = Potasio, NO_3^{-2} = nitratos, NO_2^{-2} = nitritos, AREN_G = proporción de arenas gruesas (> 600µm), AREN_M = proporción de arenas medias (250µm - 650µm) AREN_F = proporción de arenas finas (125µm - 250µm), AREN_MF = proporción de arenas muy finas (63µm - 125µm).

Nota: Se resaltan los coeficientes de las variables con mayor peso en cada componente.

Los resultados obtenidos están ilustrados en la Fig. 14, en ella se puede confirmar que el suelo de las dunas posteriores (DP) y el matorral sarcocaule (MSC) se caracterizan por tener mayores proporciones de arenas de tamaño fino y muy fino (<250µm), mientras que el de las pioneras (PION) y primeros cordones de dunas como las DF (dunas frontales) y DPW (dunas

posteriores del oeste) presentan mayor proporción de arenas de tamaño grande y medio (>250µm).

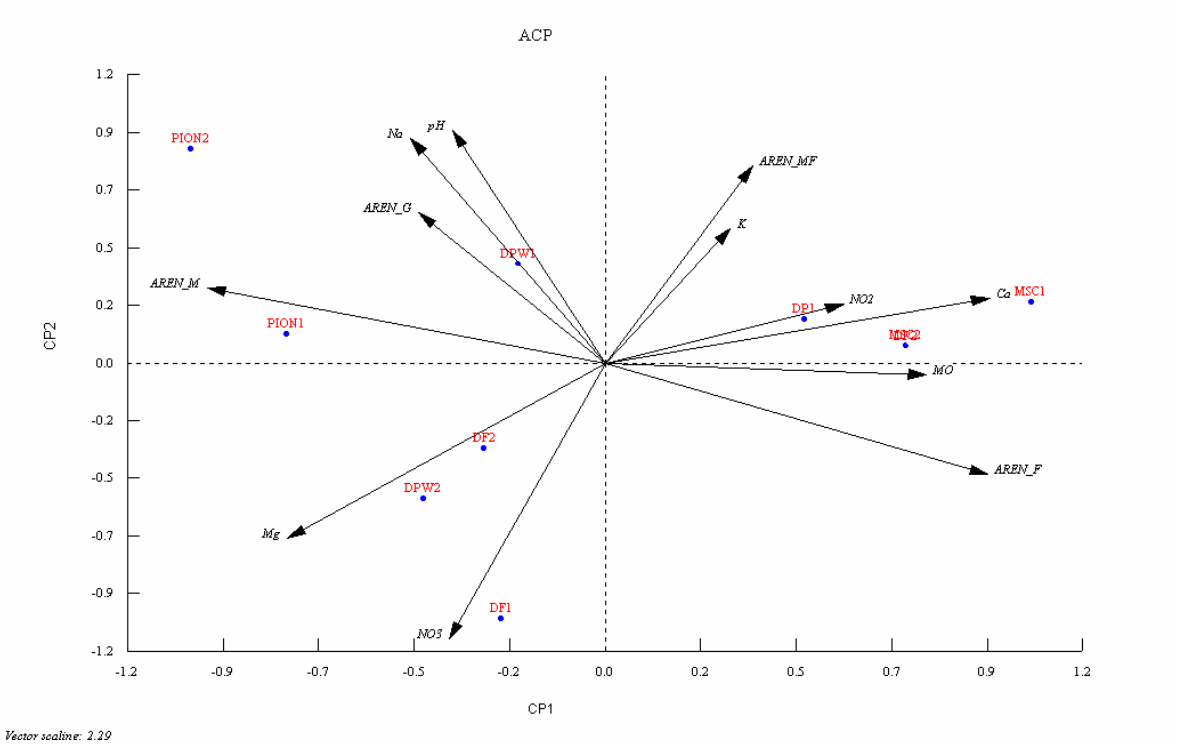

Fig. 14. Ordenación de asociaciones vegetales propias de suelos arenosos de las dunas considerando 12 variables edáficas a diferente profundidad. Asociaciones: DF1 (0-85 cm), DF2 (85-120 cm), DP1 (0-20 cm), DP2 (20-100 cm), DPW1 (0-62 cm), DPW2 (62-90 cm), MSC1 (0-47 cm), MSC2 (47-100 cm), PION1 (0-49 cm) y PION2 (49-80 cm).

8.3 Mapa de vegetación y zonificación

En concordancia con la clasificación numérica y la fotointerpretación fue posible delimitar siete unidades de vegetación (Anexo 3. Mapa de Vegetación). En orden de importancia por la superficie que ocupa cada una, se presentan: matorral sarcocaule (MSC) con 7 km^2; dunas frontales (DF), dunas posteriores (DP) y manglares (MAN) con 2 km^2 respectivamente; salitrales (SAL) con 1.3 km^2, pioneras (PION) con 0.7 km^2 y por último dunas posteriores del oeste (DPW) con 0.5 km^2.

En general, las unidades se distribuyen paralelamente a la línea de costa. Por razones de escala la unidad PION queda incluida en lo señalado como vegetación de playa y pioneras. Debido a que no fue posible delimitar en la fotografía aérea a las dos asociaciones de manglares se muestran en la misma unidad a los manglares internos (MANI) y los manglares externos (MANE), estos últimos ubicados en el margen sur de la barra por el lado de la Ensenada de La Paz. Por otro lado, los SALS se presentan como vados inmersos en MSC y los salitrales inundables (SALH) se hallan en generalmente en la zona adyacente a los MANI.

En dirección oeste-este el número de asociaciones presentes fue variable, en el transecto uno (T1) se encontraron SALH, MANI, PION, DF, DP y DPW pero sin llegar a formarse MSC. Avanzando en dirección este se ubica transecto dos (T2), en los alrededores de las dunas activas donde se detectaron tres asociaciones: PION, DF y DPW.

En el transecto tres (T3) en donde se ensancha la barra se definieron claramente PION, DF y DP que se asemejan más al MSC. A partir de este transecto se reconocieron claramente DP y MSC, también se distinguió DPW aunque su distribución se restringe a pequeños

parches que fueron detectados en campo pero que no se muestran en el mapa por razones de escala. La parte media de la barra, representada por transecto cuatro (T4), es donde se forman PION, DF, DP, MSC, SALS, SALH, MANI y MANE, particularmente es la zona donde PION es la más angosta. En los transectos cinco y seis (T5 y T6) se forman tanto las asociaciones de VD como las de SAL y MAN, aunque en T6 en una distancia más reducida que en T5.

8.4 Riqueza específica y diversidad Shannon-Wiener de las asociaciones

El patrón de la riqueza específica a lo largo de El Mogote registró un aumento de la riqueza específica en dirección oeste-este (Fig. 15), lo cual parece estar ligado a un incremento en superficie, mayor diversidad de hábitats y probablemente a una mayor estabilidad del suelo. Cabe señalar que también se detectó un ligero incremento en la cobertura vegetal en dirección oeste-este.

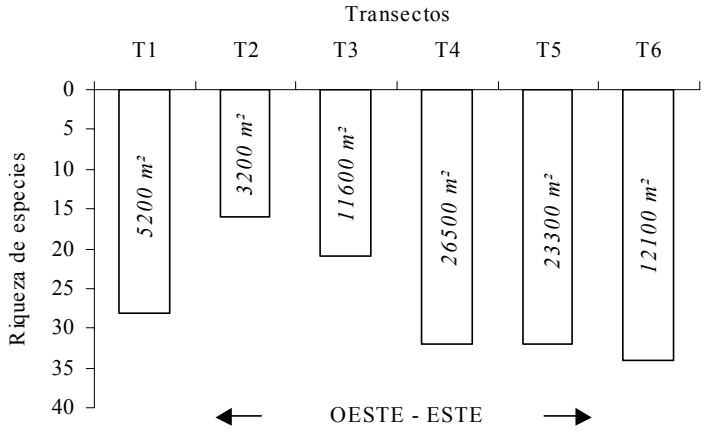

Fig. 15. Variación de la riqueza de especies en dirección oeste-este de El Mogote. Al interior de las barras se muestra la longitud de cada transecto de muestreo. T1-T6 (Transectos uno al seis)

Respecto a la riqueza específica y diversidad Shannon-Wiener (H') por asociaciones, la Fig. 16 muestra claramente un incremento en la riqueza específica desde la playa hacia las zonas más protegidas del impacto del viento (MSC). Mientras que la zona de PION en las dunas embrionarias se alcanzó como máximo nueve especies, en DF se presentaron 23 especies, en DP aumenta a 24 y en MSC alcanza su máximo con 26 especies. La variante DPW registró nueve especies menos que las DP típicas en el resto de la barra. Asimismo, se observa un incremento en la riqueza específica desde la zona de MAN hacia el interior de la barra, por un lado MANE mostró seis especies, el MANI nueve especies y el SALH catorce especies; por otro lado para el SALS se contabilizaron doce especies.

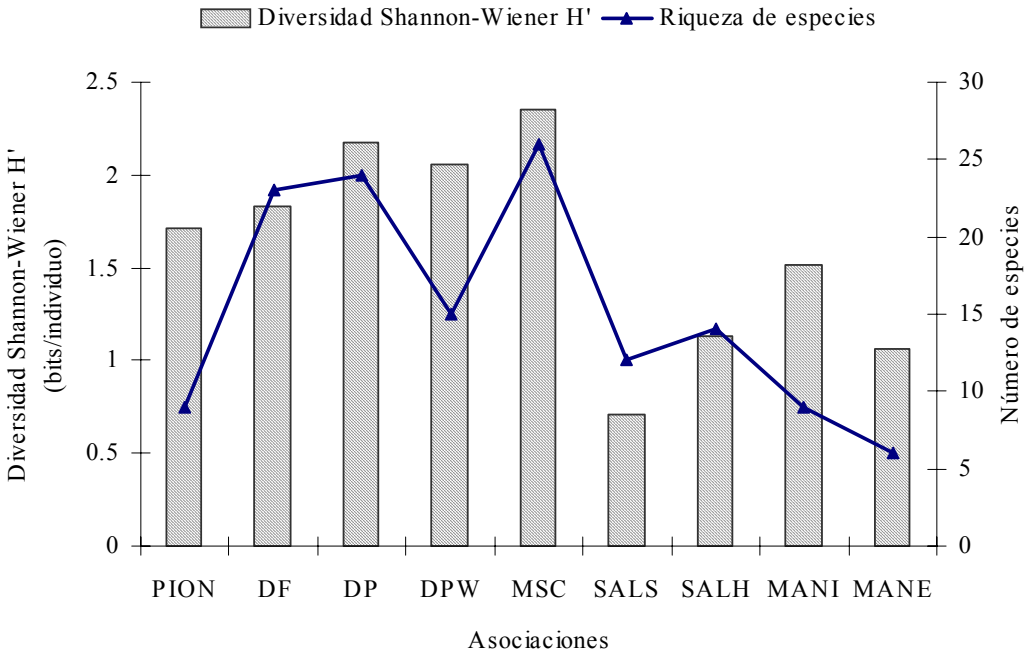

Fig. 16. Riqueza específica y Diversidad Shannon-Wiener por asociación definida. DF = dunas frontales, DP = dunas posteriores, DPW = dunas posteriores del oeste, MSC = matorral sarcocaule, MANE = manglares externos, MANI = manglares internos, PION = pioneras, SALH = salitrales inundables, SALS = salitrales no inundables.

Considerando únicamente al índice de Shannon-Wiener se advierte que el MSC tuvo el mayor índice, lo cual significa que sobre éste existe el mejor balance entre el número de especies y la cobertura de esas especies que la componen (dado que bajo esta consideración se estiman a los individuos). A su vez, la diversidad mostró un descenso desde MSC hacia el mar, siendo más gradual hacia la zona de playa, en tanto que hacia los salitrales y manglares las diferencias son más evidentes.

La tendencia general indica un incremento de la diversidad hacia al interior de la barra (DP = 2.2 beles individuo^{-1} y MSC = 2.4 beles individuo^{-1}), mientras que las asociaciones de los extremos norte y sur mostraron valores relativamente bajos. A excepción del SALS, fue evidente que PION y MANE mostraron los valores más bajos de diversidad Shannon-Wiener (1.7 y 1.0, beles individuo^{-1}, respectivamente) de manera que en tales agrupaciones existe un relativo marcado desbalance entre número de especies y su dominancia, lo cual indica que son asociaciones fuertemente dominadas por pocas especies.

8.5 Coeficiente simple de dominancia (CSD)

En concordancia con los resultados de diversidad Shannon-Wiener, se determinó mediante el Coeficiente Simple de Dominancia (CSD) a las especies dominantes en cada asociación definida (Tabla 8). El CSD indica la importancia de las especies con base en su abundancia relativa, que en este caso está expresada por la cobertura vegetal.

Se pone de manifiesto que las asociaciones PION, SAL (SALS y SALH) y MAN (MANI y MANE) son las asociaciones en donde hay una dominancia sumamente notable. En el caso de PION *Abronia maritima* alcanzó un CSD de 41%, en SAL fue *Allenrolfea*

occidentalis con CSD de 84%, en MANE *Laguncularia racemosa* con un CSD de 55% y para MANI fue *Avicennia germinans* con un CSD de 39%. A medida que se avanza al interior de la barra, la cobertura vegetal se halla repartida entre un mayor número de especies aunque regularmente es posible definir a un grupo de especies dominantes.

Tabla 8. Síntesis del Coeficiente Simple de dominancia (CSD) de las especies presentes en cada asociación.

	COEFICIENTE SIMPLE DE DOMINANCIA (CSD) %								
ESPECIE	PION	DF	DPW	DP	MSC	SALS	SALH	MANI	MANE
Abronia maritima	**40.88**	-	-	-	-	-	-	4.73	-
Allenrolfea occidentalis	-	0.57	-	0.18	0.42	**84.92**	**53.78**	-	-
Amaranthus watsonii	**16.70**	**19.14**	0.99	8.20	2.79	-	-	-	-
Aristida californica	-	-	1.40	0.37	-	-	-	-	-
Asclepias albicans	-	0.14	**23.58**	0.17	0.03	-	-	-	-
Atriplex canescens	-	-	-	-	-	0.53	0.32	-	-
Avicennia germinans	-	-	-	-	-	-	0.18	**34.26**	6.33
Batis marítima	-	-	-	-	-	-	4.43	**39.30**	5.44
Bursera epinnata	-	-	-	0.39	0.26	0.53	-	-	-
Bursera filicifolia	-	0.28	-	0.07	0.21	-	-	-	-
Bursera microphylla	-	0.24	-	-	0.10	-	-	-	-
Condalia globosa	-	-	-	0.54	**14.24**	-	-	-	-
Croton californicus	4.88	8.46	11.15	4.83	1.15	-	-	-	-
Cylindropuntia alcahes	-	0.06	-	0.22	0.11	-	-	-	-
Cylindropuntia cholla	-	0.22	0.29	0.69	0.32	-	-	-	-
Cyrtocarpa edulis	-	0.23	0.29	**31.34**	10.45	0.43	-	-	-
Encelia farinosa	-	0.04	-	-	0.03	-	-	-	-
Euphorbia leucophylla	5.16	14.34	**18.39**	**9.54**	9.65	2.62	-	-	-
Fouquieria diguetii	-	0.11	0.89	1.30	**16.14**	**4.33**	-	-	-
Hyptis laniflora	-	0.22	-	-	-	-	-	-	-
Jatropha cinerea	3.15	**25.96**	15.12	**17.08**	**18.15**	3.92	0.28	-	-
Jouvea pilosa	1.18	0.28	2.89	0.28	-	-	-	-	-
Krameria paucifolia	-	0.34	**16.47**	6.21	8.17	-	-	-	-
Laguncularia racemosa	-	-	-	-	-	-	-	4.39	**54.83**
Lycium brevipes	-	0.21	-	0.63	3.26	0.12	-	-	-
Lycium fremontii	-	-	-	0.40	-	-	-	-	-
Maytenus phyllanthoides	-	-	-	-	-	-	0.10	-	-
Monantochloe littoralis	-	-	-	-	0.05	-	**35.24**	4.17	-
Pachycereus schottii	-	-	-	0.07	0.07	0.53	0.06	-	-
Palafoxia linearis	**19.20**	0.29	0.69	-	-	-	-	-	-
Perityle crassifolia	-	-	-	-	0.27	-	0.35	-	-
Porophyllum gracile	-	-	-	-	0.07	-	-	-	-
Psorothamnus emoryi	5.87	**25.96**	0.89	9.02	7.91	1.49	-	-	-
Rhizophora mangle	-	-	-	-	-	-	-	-	**32.85**
Salicornia bigelovii	-	-	-	-	-	-	0.13	2.74	0.28
Salicornia pacifica	-	-	-	-	-	-	1.43	0.95	-
Salicornia subterminalis	-	-	-	-	-	-	2.43	9.44	-
Sesuvium portulacastrum	-	-	-	-	-	0.22	1.17	-	-
Sporobolus virginicus	2.99	1.86	1.45	0.21	0.32	-	0.12	0.03	0.28
Stegnosperma halimifolium	-	0.13	-	1.13	0.30	-	-	-	-
Stenocereus gummosus	-	0.24	-	0.40	1.23	0.37	-	-	-
Xylothamia diffusa	-	0.72	5.51	6.71	4.30	-	-	-	-
TOTAL ESPECIES	9	23	15	24	26	12	14	9	6

Nota: Se resaltan las tres especies dominantes por asociación.

8.6 Diversidad β

El valor de la diversidad beta total calculada (βτ) para un área 81 900 m^2 fue de 0.64. La tabla 9 muestra los valores de la diversidad β parcial al relacionar cada par de asociaciones. Los valores más altos fueron obtenidos al comparar las asociaciones de los MAN (MANE y MANI) y los SAL (SALS y SALH) con los de VD (PION, DF, DP, DPW y MSC); mientras que los valores inferiores se obtuvieron al comparar grupos florísticamente similares, por ejemplo DP *vs* MSC (β = 0.16), DF *vs* DP (β = 0.19), DF *vs* DPW (β = 0.26) o DF *vs* MSC (β = 0.16).

Tabla 9. Valores de β diversidad, especies compartidas y riqueza de especies por asociación.

	PION	DF	DPW	DP	MSC	SALH	SALS	MANI	MANE
PION	9	(8) 0.50	(8) 0.33	(7) 0.58	(6) 0.66	**(5) 1.00**	(3) 0.71	(1) 0.89	(1) 0.87
DF		23	**(14) 0.26**	**(19) 0.19**	**(20) 0.16**	(11) 0.81	(8) 0.60	(2) 0.88	**(1) 0.90**
DPW			15	(14) 0.28	(12) 0.41	(2) 0.66	(5) 0.63	**(1) 0.92**	**(1) 0.90**
DP				24	**(21) 0.16**	(7) 0.76	(14) 0.56	(2) 0.88	**(1) 0. 90**
MSC					26	(6) 0.70	(9) 0.53	(3) 0.83	**(2) 0.91**
SALH						14	(5) 0.62	(8) 0.35	(4) 0.60
SALS							12	**(0) 0.90**	**(0) 1.00**
MANI								9	(5) 0.33
MANE									6

Nota: Se resaltan los valores de riqueza específica por asociación. Entre paréntesis el número de especies compartidas entre asociación y como fracción el valor de β diversidad entre las respectivas asociaciones comparadas.

Los valores de diversidad β son inversamente proporcionales con el número de especies compartidas entre pares de asociaciones, de manera que en donde hay alta diversidad β se comparte un bajo número de especies. Esta comparación resalta la tajante diferencia florística entre las asociaciones del MAN y el resto de las agrupaciones florísticas, y refleja también la continuidad florística entre los grupos de dunas (VD).

8.7 Caracterización de las asociaciones vegetales identificadas

A continuación se presenta la descripción de las asociaciones con base en la estructura de la vegetación, dominancia de especies, variables edáficas y otras características ambientales observadas. Los perfiles de las asociaciones y variables edáficas se sintetizan en el Anexo 4.

8.7.1 Vegetación de dunas (VD)

En esta comunidad se identificaron cinco asociaciones ubicadas en un patrón secuencial que va desde la playa hacia el interior de la barra mostrando diferencias florísticas y edáficas diferenciales.

8.7.1.1 Pioneras (PION)

Esta asociación ocupa la zona de playa y dunas embrionarias, una franja angosta que se extiende paralelamente a línea de costa a no más de los 100 m de la línea de marea en la vertiente norte de El Mogote. En la Fig. 17 se representan la distribución de la abundancia con base a la cobertura de especies más conspicuas, por ello se omiten gráficamente en todas las asociaciones a las especies con coeficiente simple de dominancia (CSD) < 1.

Se observa una clara dominancia de la alfombrilla (*Abronia maritima*), con un valor de CSD de 41%, lo cual es notorio fisonómicamente (Anexo 5a). Esta hierba rastrera de hojas suculentas sólo se distribuye en zona de pioneras formando montículos o dunas embrionarias de alturas menores a 1.5 m, que se supone dan cierta estabilidad al sustrato particularmente en otoño e invierno en los cuales aumenta la incidencia de vientos del norte. No obstante, debido a que esta zona es la más expuesta al régimen de marea y exposición de viento suele tener un

sustrato sumamente móvil. En esta zona también es importante la presencia de *Palafoxia linearis* una hierba perenne propia de esta zona y que junto con la alfombrilla llegan a dominar el paisaje de las playas y dunas embrionarias.

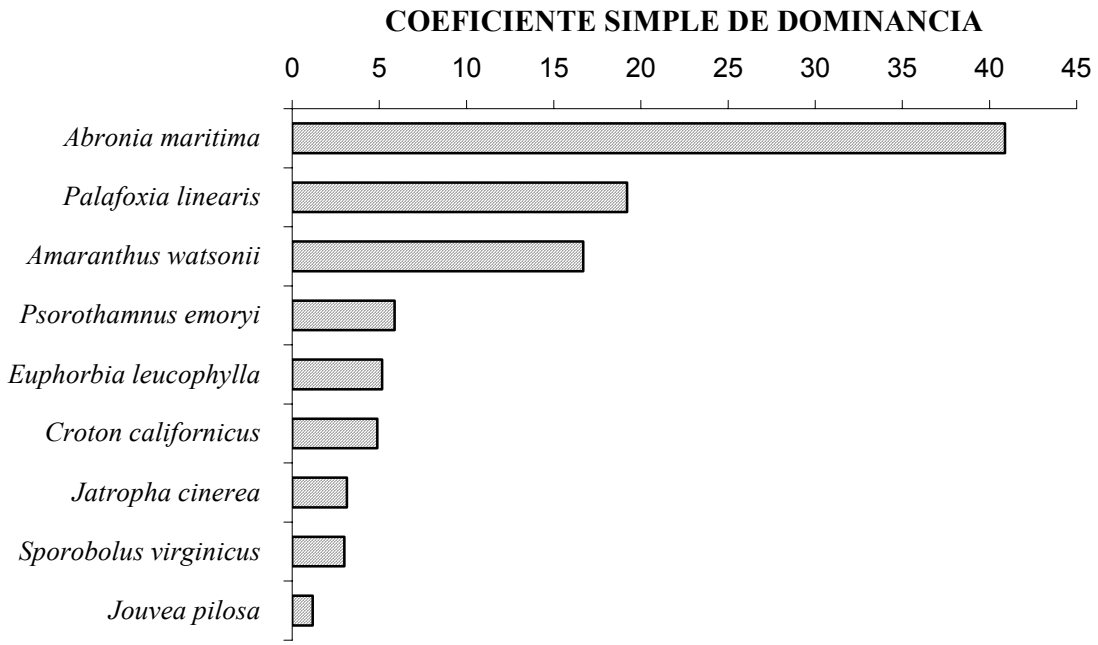

Fig. 17. Distribución de la dominancia para especies pioneras en la agrupación de dunas (PION).

Si bien, la zona de playas donde habitan las PION se distingue claramente en la parte norte de la barra, en los extremos sureste y suroeste de El Mogote también hay playas en donde se registraron a *Ipomoea pes-caprae* como especie pionera. Aunque dichas playas no se muestrearon lo suficiente, se detectó que su vegetación estuvo asociada algunas veces a SAL o MAN.

La cobertura vegetal, estimada como el promedio de los relevés incluidos en este sector llega a ser del 22%. En menor grado se llegan a presentar otras hierbas como *Amaranthus watsonii*, *Psorothamnus emoryi* y *Euphorbia leucophylla*, la cual se observa desde esta zona y

en general es muy frecuente en toda la zona de dunas. Hacia el interior de esta zona empiezan a aparecer especies de mayor talla como *Croton californicus* y *Jatropha cinerea* en abundancias relativamente bajas (CSD de 4.9% y 3.2%). La presencia de los pastos salados *Sporobolus virginicus* y *Jouvea pilosa* es común, pero su CSD es menor de 3%.

Características edáficas

El suelo de la zona de PION como el resto de las dunas (PION: pioneras, DF: dunas frontales, DP: dunas posteriores, DPW: dunas posteriores del oeste y MSC: Matorral sarcocaule) se clasifica como 100% arenas, por tanto son suelos de consistencia muy friable, con porosidad abundante, sin plasticidad, adhesividad ni estructura, con pH que oscila desde valores prácticamente neutros en MSC (pH = 7.1) hasta fuertemente alcalinos en PION (pH = 8.6); la conductividad eléctrica (CE) es muy variable, registrándose los valores más elevados en la zona de PION (CE = 181-234 $\mu S\ cm^{-1}$) y los menores en DPW (64-69 $\mu S\ cm^{-1}$).

En particular el suelo de PION resalta en el grupo de dunas por tener altas concentraciones de Na^{+} (52-53 mg kg $suelo^{-1}$) y bajas de materia orgánica (MO = 0.1-0.13%). Se distingue por tener la mayor cantidad de arenas de tamaño medio (AREN_M = 44-53%) y la menor proporción de arenas finas (AREN_F = 37-54%), respecto a los otros ambientes. El comportamiento de la proporción de arenas muy finas (AREN_MF) es muy variado, presentándose el valor máximo o mínimo a diferentes profundidades, lo cual puede relacionarse con la inestabilidad del sustrato en esta zona, por lo que dichas partículas pueden acarrearse con relativa facilidad al interior de la barra, o bien quedan depositadas en estratos inferiores.

Debido a la dominancia de plantas hierbas rastreras, el perfil de suelo presenta esencialmente raíces finas (diámetro entre 0.5 y 2 mm) y escasamente raíces medias (diámetro de 2 mm-0.5 cm). Es común encontrar depósitos de conchas marinas altamente degradadas (gránulos), distribuidos homogéneamente en el estrato superficial (PION1: 0-49 cm de profundidad).

8.7.1.2 Dunas frontales (DF)

Las dunas frontales generalmente se localizan enseguida de la zona PION, en la parte frontal del primer cordón de dunas (Anexo 5b) hasta alturas próximas a los 8 msn. y se extienden hacia el interior de la barra hasta distancias de 350 m.

En la Fig. 18 se muestra la distribución de la abundancia por especie. Este sector es co-dominado por *Psorothamnus emoryi,* una hierba perenne con altura promedio de 60 cm y por *Jatropha cinerea* un arbusto sarcocaule que se distribuye en toda la zona de dunas. Otras hierbas perennes como *Amaranthus watsonii* y *Croton californicus* alcanzan su máximo CSD pero sin llegar a ser de las más dominantes, la hierba perenne *Palafoxia linearis* ve restringida su distribución hasta esta zona a la que todavía se incluye. Aunque los pastos siguen siendo especies poco frecuentes pero constantes, solamente *Sporobolus virginicus* tiene un CSD>1.

Esta agrupación se caracteriza por coberturas vegetales promedio de 38%, notoriamente superiores a las de la zona de pioneras. Algunas especies ocasionales (con un CSD<1) son *Xylothamia diffusa*, *Aristida californica*, *Krameria paucifolia*, *Palafoxia linearis*, *Jouvea pilosa*, *Bursera filicifolia*, *Bursera microphylla*, *Stenocereus gummosus*, *Cyrtocarpa*

edulis, *Hyptis laniflora*, *Cylindropuntia cholla*, *Lycium brevipes*, *Asclepias albicans*, *Stegnosperma halimifolium*, *Fouquieria diguetii*, *Cylindropuntia alcahes* y *Encelia farinosa*.

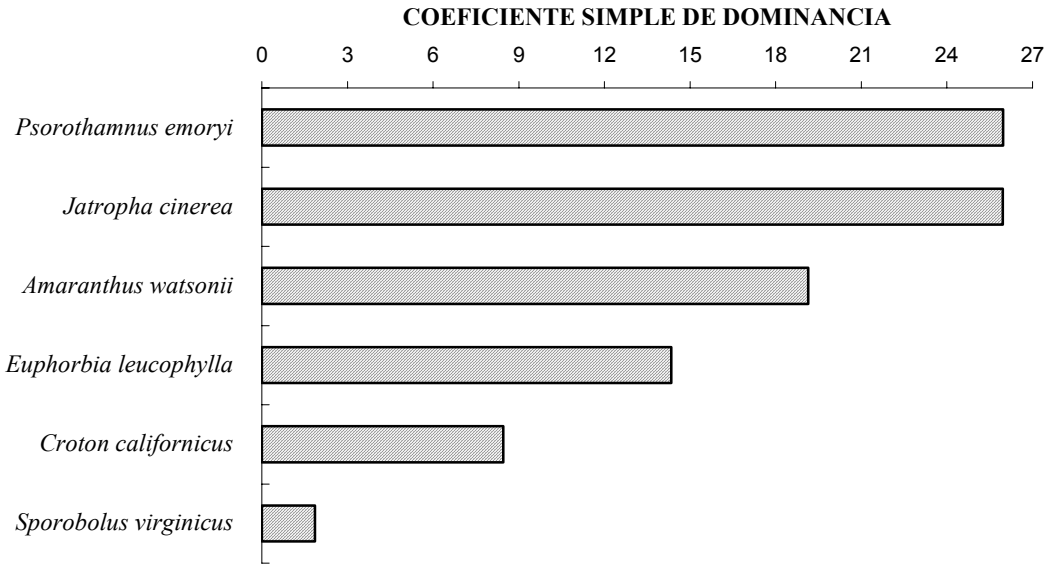

Fig. 18. Distribución de la dominancia para especies de dunas frontales (DF)

Un hecho notable es que se presenta vegetación de DF por el lado de la Ensenada de La Paz, en particular en las dunas que se ubican en el extremo oeste de la barra y adicionalmente en la porción ancha se ubican al interior, presentando características variables en cuanto a pendiente y exposición al viento.

Características edáficas

Los suelos de este sector suelen ser muy móviles, tal vez por eso la proporción de arenas de tamaño muy fino (AREN_MF) es de las más bajas y las de tamaño fino (AREN_F = 65-67%) son ligeramente mayores que en PION. La abundancia de raíces es mayor en el estrato superior (DF1: 0-85 cm) predominando raíces de grosor muy fino a medio y ocasionalmente gruesas. En estratos inferiores también llegan a presentarse depositaciones de

gránulos de conchas marinas. Las concentraciones de Na^{+}, K^{+} y Ca^{+2} son relativamente inferiores (7-14 mg kg suelo^{-1}, 10 7 mg kg suelo^{-1} y 0.4 mg kg suelo^{-1}, respectivamente) a las de PION (pioneras), sin embargo, la concentración de Mg^{+2} es moderadamente alta (15.6–22.6 mg kg suelo^{-1}).

8.7.1.3 Dunas posteriores (DP)

Esta asociación se encuentra ocupando cordones de dunas (Anexo 5c), enseguida de las DF y extendiéndose generalmente hasta una distancia muy variable (desde 300 a 700 m a partir de línea de costa), con altitudes de que oscilan entre los 8 y 2 msnm. Eventualmente se presenta vegetación de este tipo en la porción más ancha de la barra en dunas protegidas de los vientos del sur.

La heterogeneidad de microambientes y la ubicación más al interior de la barra (que permite estabilidad del sustrato) da lugar a un incremento en la riqueza específica y las formas de vida, hechos que se reflejan en una cobertura vegetal promedio del 46%. La Fig. 19 muestra un incremento en la abundancia de especies arbustivas fundamentalmente por el ciruelo *Cyrtocarpa edulis* (CSD = 31%) y el lomboy *Jatropha cinerea*, que es la segunda en importancia (17% de dominancia simple).

El ciruelo *Cyrtocarpa edulis* la especie más conspicua. Se distribuye en grandes manchones de clones que pueden llegar medir más de 100 m^2 de cobertura y alcanzan tallas de 3.5 m. Cabe mencionar que la abundancia de esta especie en las primeras dunas es propia de la porción este de El Mogote, pues en la parte oeste su dominancia es mayor sólo en zonas más protegidas como DP y MSC. Una peculiaridad del ciruelo es que en El Mogote su forma de

reproducción parece ser principalmente asexual mediante la presencia de tallos capaces de generar raíces adventicias, al contrario del medio peninsular donde la propagación ocurre básicamente por semilla.

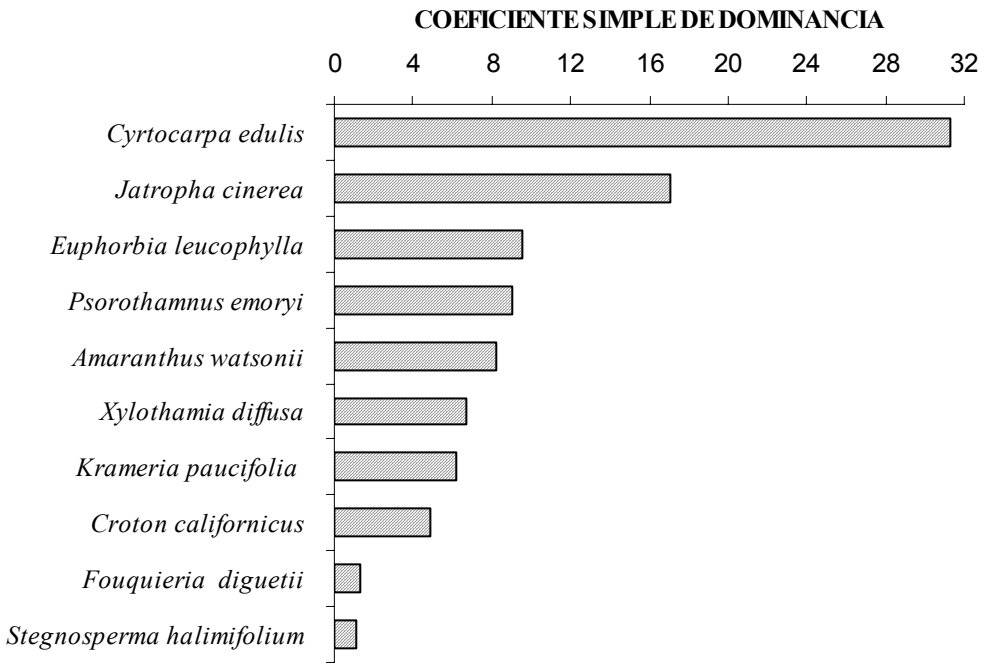

Fig. 19. Distribución de la abundancia para especies dunas posteriores (DP).

Algunas hierbas de talla relativamente grande siguen siendo frecuentes (*e. g. Psorothamnus emoryi*, *Amaranthus watsonii, Xhylothamnia diffusa, Krameria paucifolia* y *Croton californicus*). Algunas especies como *Psorothamnus emoryi* y *Amaranthus watsonii* son menos dominantes que en la zona de frente de dunas, sin embargo se presentan condiciones relativamente más benignas (i. e. menor impacto del viento) para otras especies como *Cylindropuntia cholla* y *Cylindropuntia alcahes* que alcanzan su máximo valor de dominancia en las dunas posteriores.

En esta zona se hace evidente la conjunción de flora desértica con los de dunas costeras con la presencia de elementos como *Pachycereus schottii, Stenocereus gummosus, Fouquieria diguetii Cylindropuntia cholla*, *Cylindropuntia alcahes*, *Lycium brevipes*, *Lycium fremontii*, *Bursera epinnata, Bursera filicifolia y Condalia globosa.*

Especies acompañantes son *Aristida californica*, *Jouvea pilosa*, *Sporobolus virginicus* y *Asclepias albicans*. Excepcionalmente se presenta *Allenrolfea occidentalis* en los sitios que los salitrales colindan con dunas de este tipo, particularmente en la zona de influencia del estero Zacatecas y en ciertas zonas dunas del lado de la Ensenada.

Características edáficas

La concentración de los iones de Ca^{+2} y K^{+} es ligeramente mayor al resto de las dunas, de manera similar se comporta con el contenido de MO (Materia orgánica). De manera característica, en esta zona predominan arenas de tamaño fino (AREN_F = 81%) y en menor proporción hay arenas medias (AREN_M = 11%). La abundancia de raíces finas es alta en el estrato superior (DF1: 0-20 cm) las medias son escasas y las gruesas están ausentes.

8.7.1.4 Dunas posteriores del oeste de la barra (DPW)

Esta asociación fue claramente evidenciada en el análisis de conglomerados y se denominó dunas posteriores del oeste debido a que se presenta solamente en la zona cercana a las dunas activas al oeste de El Mogote. Este sector es dominado por *Asclepias albicans* (Anexo 5d), una hierba perenne con tallos cerosos y hojas tempranamente caducas, alcanza alturas promedio de 1.8 m y se comporta como especie acompañante en otras asociaciones de dunas.

La cobertura promedio en este sector es de 24%, cantidad ligeramente mayor a la que se presenta en las DF pero menor que la de DP propiamente. Además de *Asclepias albicans* es muy frecuente, como especies acompañantes se presentan *Jatropha cinerea, Krameria paucifolia, Croton californicus, Euphorbia leucophylla* y *Xylothamia diffusa* y con menor frecuencia (CSD <1) se presenta *Amaranthus watsonii,* como se muestra en la Fig. 20.

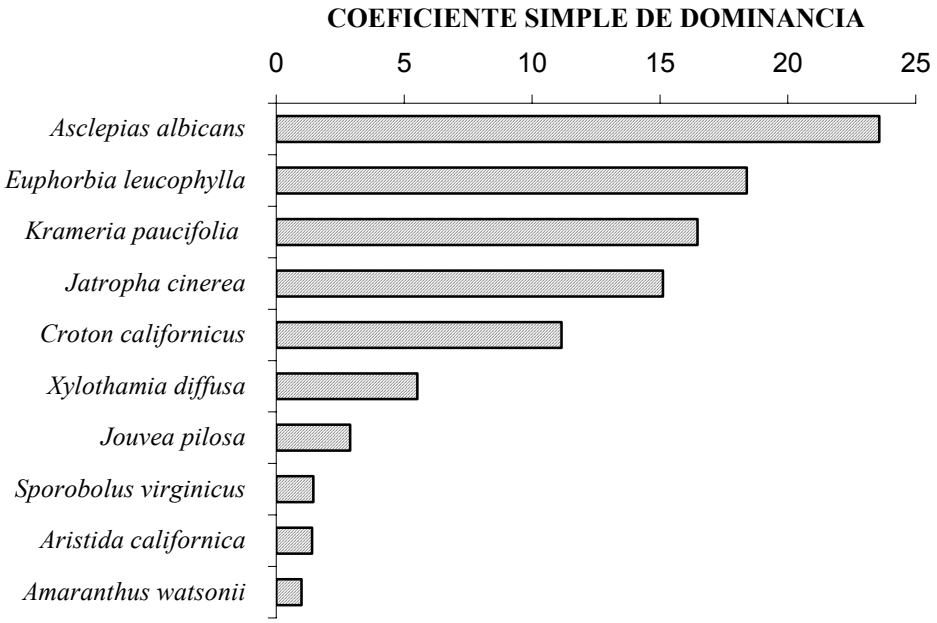

Fig. 20. Distribución de la abundancia para especies dunas posteriores (DPW).

En esta zona es donde se observan pastos con valores de dominancia relativamente altos (*e. g. Aristida californica y Jouvea pilosa* con CSD = 1.4 y 2.89, respectivamente). Otras especies que eventualmente se encuentran en esta zona son: *Psorothamnus emoryi*, *Fouquieria diguetii*, *Palafoxia linearis*, *Cyrtocarpa edulis* y *Cylindropuntia cholla*, las cuales se hallan muy relacionadas con el DP.

Características edáficas

El comportamiento de las características edáficas como la proporción arenas es semejante a la de DF, predominando AREN_F (68%) y AREN_M (27%). Aún a este nivel la cantidad de sólidos disueltos es alta (60-66 mg l^{-1}) y se refleja en las relativas altas concentraciones de Na^+ (72.7 mg kg $suelo^{-1}$) y K^+ (40 mg kg $suelo^{-1}$) en el primer estrato (DPW1: 0-62 cm). Al igual que en las pioneras, los contenidos de materia orgánica son los más bajos (0.1%). La ocurrencia de raíces, de grosor medio y fino, se presenta fundamentalmente en el estrato superior (DPW1). En dicho estrato, a 15 cm de profundidad, se registraron capas de conchas marinas poco degradadas (tamaño de partícula 2 cm, aproximadamente).

8.7.1.5 Matorral Sarcocaule (MSC)

El matorral sarcocaule de El Mogote se caracteriza por tener la mayor riqueza específica con relación a las zonas más expuestas hacia el mar, asimismo, es la que ocupa mayor superficie en toda la barra y está formada por cordones de dunas con alturas un poco menores a las alcanzadas en el frente de dunas y dunas posteriores.

En este sector, la cobertura vegetal promedio es del 49%, la cual es ligeramente mayor al estimado para las tres agrupaciones de dunas. La fisonomía está determinada por la predominancia de especies arbustivas (Anexo 5e) como el lomboy *Jatropha cinerea, Fouquieria diguetii, Condalia globosa* y el ciruelo *Cyrtocarpa edulis* (Fig. 21), de los cuales el de mayor talla es el Palo Adán *Fouquieria diguetii* con alturas promedio de 5.4 m. A diferencia de las asociaciones anteriores, en este grupo la abundancia se encuentra distribuida

más equitativamente, de manera que siete especies acumulan el 93% de la dominancia relativa de esa agrupación (además de las 3 co-dominantes se encuentran *Euphorbia leucophylla, Krameria paucifolia, Psorothamnus emoryi y Xylothamia diffusa*).

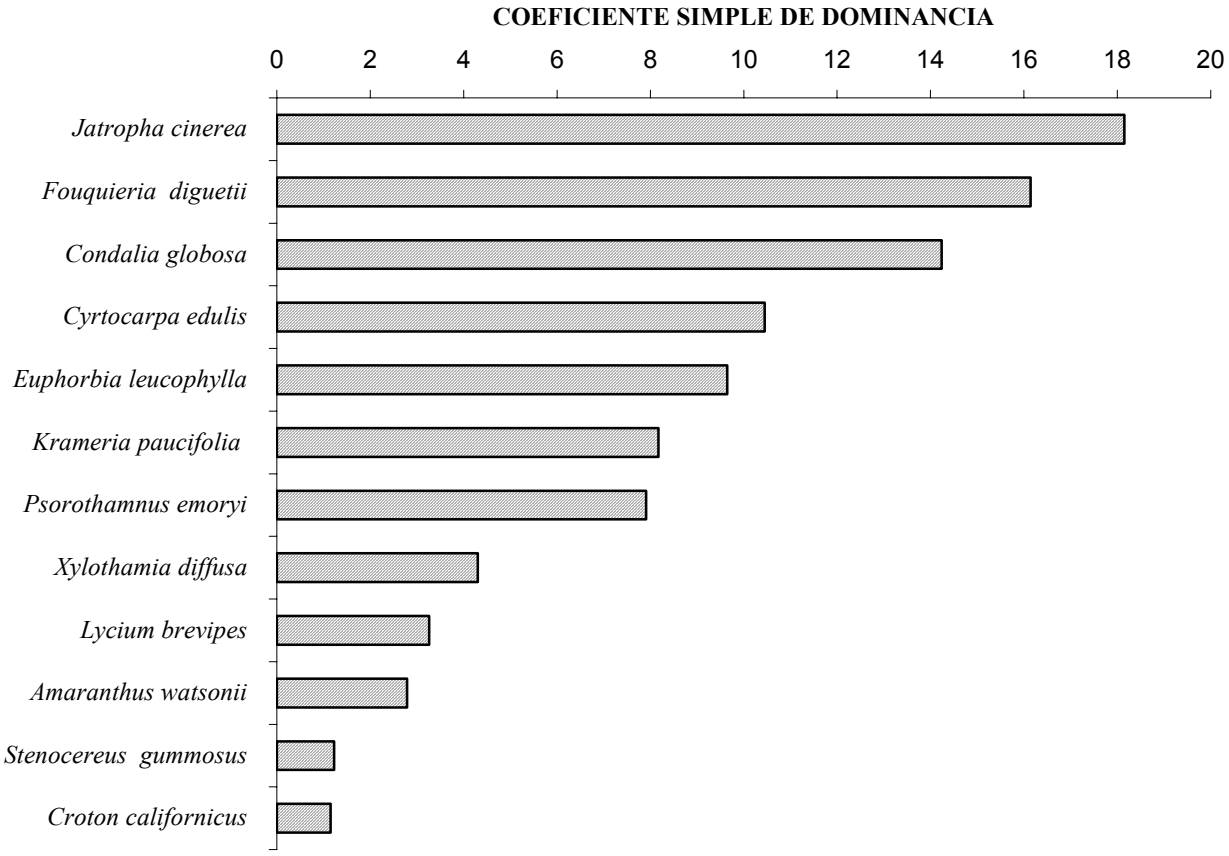

Fig. 21. Distribución de la abundancia para especies de Matorral sarcocaule (MSC).

Con una frecuencia relativamente mayor a los otros ambientes, se presentan cactáceas como *Stenocereus gummosus, Cylindropuntia cholla, Pachycereus schotti, Cylindropuntia cholla* y *Cylindropuntia alcahes*. Además, es característico el incremento de la abundancia de torotes o copales (*e. g. Bursera epinnata, Bursera filicifolia, Bursera microphylla*),

característicamente sarcocaules, que se presentan como formas arbustivas de 2.5 m de altura y diámetros de cobertura que pueden alcanzar los 6 m.

Algunas especies acompañantes de crecimiento arbustivo son *Xylothamia diffusa, Lycium brevipes, Stegnosperma halimifolium* y otras hierbas como *Amaranthus watsonii* y *Croton californicus*. Especies raras en este ambiente fueron *Porophyllum gracile*, *Encelia farinosa, Asclepias albicans, Sporobolus virginicus*, además de las que conforman la zona de transición entre el matorral y el salitral (*e. g. Perityle crassifolia, Allenrolfea occidentalis y Monantochloe litoralis).*

Características edáficas

Las características edáficas del MSC son semejantes a las de las DP. El suelo del MSC es el que presenta actividad radicular a profundidades mayores a un metro. En el estrato superior (MSC1: 0-47 cm) se registran raíces finas en cantidades abundantes, las raíces medias son frecuentes y a diferencia de otros ambientes de dunas se detectan raíces gruesas (diámetro de 0.5-2 cm), aunque son escasas, en el estrato inferior (MSC2: 47-100 cm) predominan raíces finas y medias. La concentración de algunos iones como Na^+ y K^+ muestran valores intermedios (20-21 y 16-20 mg kg suelo^{-1}, respectivamente) con relación al grupo de asociaciones con sustrato francamente arenoso, donde a su vez, el MSC en el estrato superior (MSC1) alcanza la mayor concentración de Ca^{+2} (MSC1:17 y MSC2:26 mg kg suelo^{-1}) un relativo alto contenido de materia orgánica (MO = 0.54), el cual baja considerablemente a 0.18% en el estrato inmediato inferior (MSC2).

8.7.2 Salitrales (SAL)

Esta comunidad se presenta en dos variantes: salitrales no inundables (SALS) y salitrales inundables o húmedos (SALH). Los primeros son pequeños manchones inmersos en el MSC y alcanzan altitudes cercanas al nivel del mar, mientras que los salitrales húmedos son planicies susceptibles de inundación por su cercanía a los MAN (manglares) y/o al mar.

En general, dentro de los SAL suelen encontrarse montículos (aproximadamente de 50 m de diámetro) compuestos por halófitas, que se combinan con elementos del Matorral sarcocaule. Dichas "islas" se componen de *Jatropha cinerea, Atriplex canescens, Fouquieria diguetii, Perityle crassifolia, Psorothamnus emoryi, Euphorbia leucophylla, Stenocereus gummosus, Pachycereus schottii,* eventualmente *Cyrtocarpa edulis, Lycium brevipes y Maytenus phyllanthoides.* Otras especies de dunas que también se ubican en las colindancias con los salitrales son *Krameria paucifolia, Bursera filicifolia, Xylothamia diffusa.* La presencia de los pastos *Jouvea pilosa* y *Sporobolus virginicus* denotan la existencia de suelos arenosos.

8.7.2.1 Salitrales inundables (SALH)

La superficie de este sector muestra una cobertura vegetal promedio de 37%, a pesar de que tiene un relieve casi plano existen grandes claros sin vegetación. La fisonomía está dominada por la saladilla *Allenrolfea occidentalis,* hierba suculenta con un Coeficiente de Dominancia Simple de 54%, se presenta acompañada de la gramínea *Monantochloe littoralis* con un CSD = 35%. Ambas especies son estenoicas (sujetas a condiciones ambientales

estrechas) ya que siempre ocupan suelos alcalinos con elevados contenidos de sodio a niveles (hasta 2536 mg kg suelo^{-1}) no tolerados incluso por otras halófitas (Anexo 5g y Fig. 22).

Los SALH se ubican generalmente en la parte más alejada del manglar y corresponde con los salitrales altos descritos para algunos sitios de Baja California por Delgadillo *et al.* (1992); típicamente los salitrales altos son zonas semi-húmedas que puede inundarse cuando se presentan eventos meteorológicos intensos como tormentas.

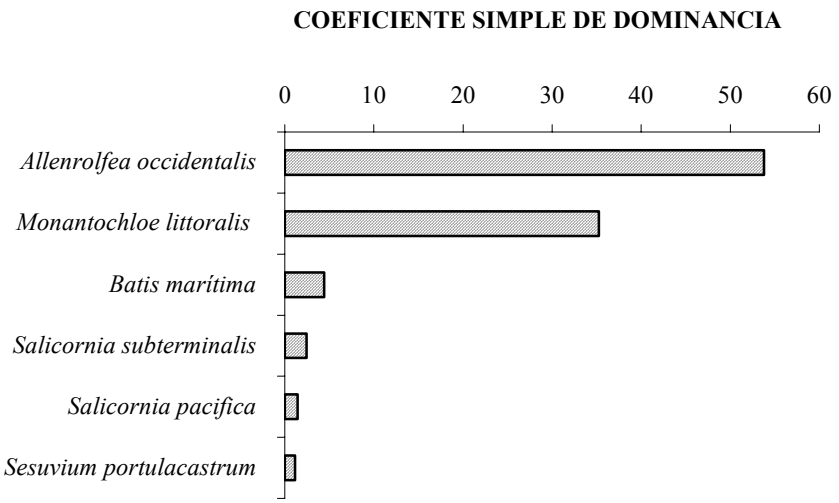

Fig. 22. Distribución de la abundancia para especies de los salitrales inundables (SALH)

Desde este sector hacia los manglares (MAN) se presentan halófitas de crecimiento rastrero como *Batis maritima, Salicornia subterminalis, Salicornia pacifica, Salicornia bigelovii* y *Sesuvium portulacastrum* esporádicamente. Especialmente *Salicornia subterminalis* es abundante hacia la parte central y oeste de El Mogote.

En la zona de transición con el manglar es común encontrar especies relacionadas a los manglares como *Avicennia germinans* y *Batis maritima*. Mientras que en la zona colindante

con el MSC suelen encontrarse especies como *Perytile crassifolia*, *Atriplex canescens*, *Jatropha cinerea, Mayitenus phyllantoides* y *Sporobolus virginicus*.

Características edáficas

Un fenómeno común en los suelos de los salitrales es la formación de costras superficiales como resultado de alta evaporación y/o baja permeabilidad. Típicamente presentan capas ricas en Na^+ (de 1236 hasta 2536 mg kg suelo^{-1}), dicho rasgo se forma en condiciones húmedas, particularmente por efecto de mareas. Posteriormente durante la estación seca las altas tasas de evaporación provocan ascenso capilar de sales sódicas y cálcicas hacia horizontes superficiales donde se precipitan ocupando el espacio poroso del suelo generalmente de textura finas.

El suelo de salitrales inundables es de consistencia friable y muestra una estratificación peculiar en donde los dos primeros estratos (SAL1: 0-36 cm y SAL2: 36-49 cm) presentan textura areno-arcillosas y el más profundo que se exploró (SAL3: 49-72 cm) posee textura areno-limosa y alcanza el manto freático. Únicamente se registraron raíces en el primer estrato (SAL1), son finas y de abundancia escasa. Este hecho parece estar ligado a la presencia de concreciones de $CaCO_3$ (de 0.5 a 2 cm de diámetro), que se agrupan en el segundo estrato (SAL2) formando capas impenetrables por las raíces.

Curiosamente los niveles de MO (0.21-0.29%) en los tres estratos son menores al registrado en el estrato superior del Matorral sarcocaule (MSC1: 0-47 cm). Los niveles de Mg^{+2} en este sector son los más altos de todos los ambientes muestreados, especialmente en el primer y tercer estrato (SAL1: 48 mg kg suelo^{-1} y SAL3: 399 mg kg suelo^{-1}), a su vez, las

concentraciones de Ca^{+2}, K^{+} y Na^{+} son de los más altos y son antecedidos por los valores registrados en MAN (manglar).

8.7.2.2 Salitrales no inundables (SALS)

Esta asociación se ubica sobre las depresiones o vados inmersos en el MSC y se diferencian de los SALH porque no estar conectados con vegetación de manglares y por la dominancia casi total de *Allenrolfea occidentalis* (CSD = 85%). La vegetación que circunda a esta zona está compuesta por especies como *Atriplex canescens, Perityle crassifolia y Pachycereus schottii,* además de especies comunes en el MSC; entre ellas *Fouquieria diguetii*, *Jatropha cinerea*, *Euphorbia leuchophylla*, *Bursera filicifolia, Cyrtocarpa edulis, Stenocereus gummosus, Lycium brevipes* y *Psorothamns emoryi.*

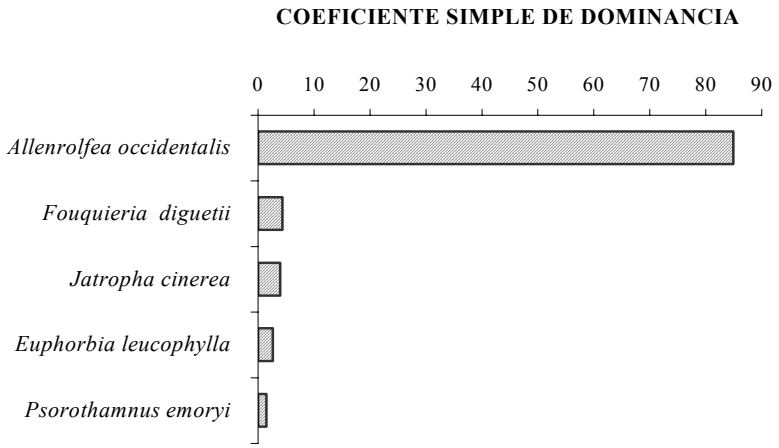

Fig. 23. Distribución de la abundancia para especies de salitrales no inundables (SALS)

Características edáficas

Aunque esta zona no se muestreo para el análisis fisico-químico del suelo, se registró en campo que el suelo de los salitrales no inundables presentan texturas limo-arcillosa, con

estructura masiva, baja permeabilidad y estratos delgados (0-6 cm, 6-9 y 9-31 cm). El primer estrato presenta óxidos de Fierro y capas con escamas probablemente sódicas; la segunda capa es de textura arcillosa y la tercera tiende a ser arenosa pero muy compacta en húmedo. La presencia de raíces se limita a los dos primeros estratos y es principalmente de raíces de diámetro fino y escasamente hay raíces medias.

8.7.3 Manglares (MAN)

La flora de los manglares es totalmente diferente al grupo de las dunas excepto por la presencia del pasto salado *Sporobolus virginicus* el cual llega a presentarse esporádicamente en el límite entre dunas-manglares. En esta comunidad se diferenciaron dos asociaciones, la primera corresponde la zona de transición salitral-manglar y la segunda constituye la primer zona con relación al nivel de mareas. Un hecho común para las asociaciones de manglares es que sus coberturas vegetales con frecuencia rebasan el 100% debido a la existencia de diferentes estratos sobrepuestos.

8.7.3.1 Manglares internos (MANI)

La zona de MANI constituye el límite interno entre el SALH-MANE y se caracteriza por la co-dominancia de *Batis maritima* en el estrato inferior (herbáceo) y *Avicenia germinans* es el que se halla más ampliamente distribuido y alcanza alturas promedio de 4.4 m, ocupando el estrato arbustivo y arbóreo (Fig 24.). En la zona colindante con el SALH domina *Batis maritima* una hierba rastrera suculenta que se asocia comúnmente con halófitas poco abundantes como *Salicornia subterminalis, Allenrolfea occidentalis, Monantochloe littoralis,*

Salicornia bigelovii, y *Salicornia pacifica* (Fig. 24). Por otro lado, hacia los MANE comienza a notarse la presencia del mangle blanco *Laguncularia racemosa.*

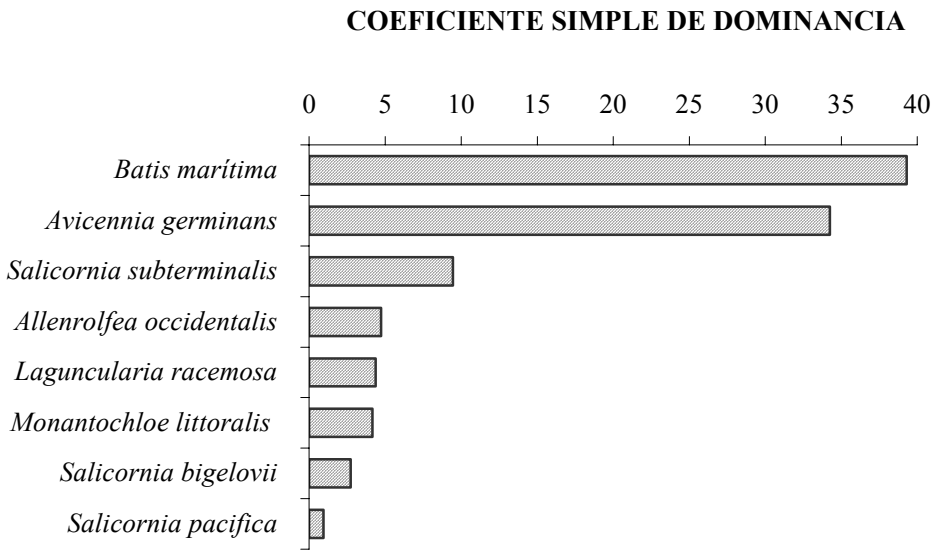

Fig. 24. Distribución de la abundancia para especies de manglares internos (MANI).

Características edáficas

Los suelos del manglar presentan una estratificación en dos capas evidentes (MAN1: 0-30 cm y MAN2: 30-48 cm) que en general, son de estructura masiva, de consistencia friable a no muy friable, con óxidos de Fierro y en general color más oscuros respecto de los otros ambientes muestreados. Característicamente el manglar posee los contenidos más elevados de materia orgánica (MO = 1.47-1.48%), de Ca^{+2}, (223-224 mg kg suelo^{-1}), de Na^{+} (4020-4496 mg kg suelo^{-1}), de K^{+} (302-281 mg kg suelo^{-1}), de limo (2-3%), de arcilla (7-8%) además de conductividad eléctrica (CE de MAN1 = 11300 µS). La densidad radicular es mayor en el segundo estrato encontrándose proporcionalmente raíces finas, medias y gruesas.

8.7.3.2 Manglares externos (MANE)

La estructura de esta asociación es relativamente simple (Anexo 5g) pues se compone esencialmente de especies de mangles, el mangle blanco *Laguncularia racemosa* con tallas promedio de 4 m y el mangle rojo *Rhizophora mangle* el cual es ligeramente mas bajo (3 m altura promedio). En menores abundancias se observa también al mangle negro *Avicenia germinans.*

Característicamente, los mangles blanco *Laguncularia racemosa* y rojo *Rhizophora mangle* aumentan sus coberturas en zonas intermareales, particularmente *Rhizophora mangle* abunda en las zonas de aguas más profundas y tranquilas, por ejemplo en las orillas de los canales de las entrantes en gancho o en pequeñas lagunetas (Ver mapa de vegetación: Anexo 3).

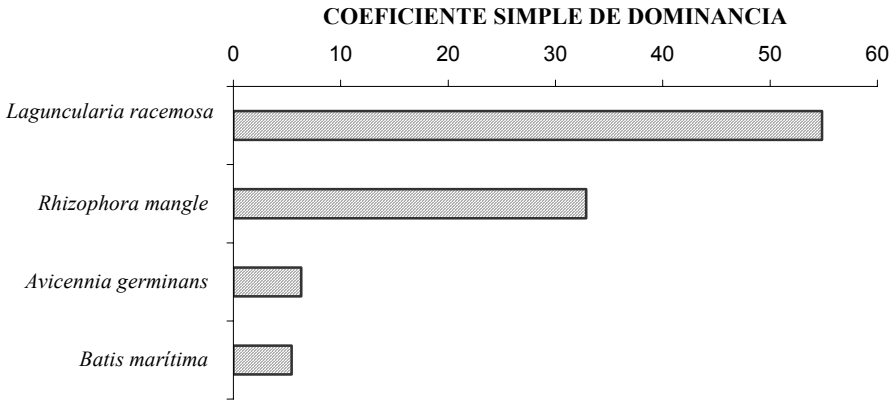

Fig. 25. Distribución de la abundancia para especies de manglares externos (MANE).

Aunque no se colectó suelo para su análisis fisico-químico, es de esperarse que el comportamiento de algunas variables (salinidad, drenaje, saturación) en los MANE sea más crítico debido azolvamiento permanente o a los cambios en los niveles marea.

XIV. DISCUSIÓN

9.1 Relación de las asociaciones de El Mogote con la vegetación regional

El estudio de clasificación reveló claramente la conformación de tres agrupaciones vegetales, que se consideran como tipos de comunidades vegetales costeras debido a que tienen cierta homogeneidad florística y muestran un grado de cohesión dentro de ellas, además de que son indicadoras de ciertos ambientes en particular, en este caso de los siguientes ambientes costeros: dunas, salitral y manglar, mismos que han sido reportados para la región (Johnson, 1977; Pérez-Navarro, 1995; León de La Luz, 1999).

Para la vegetación de dunas fue posible diferenciar cinco asociaciones denominadas como: pioneras (PION), dunas posteriores (DP), dunas posteriores del oeste (DPW) y matorral sarcocaule (MSC), las cuales corresponden de manera general con el esquema de zonación de dunas propuesto por Johnson (1977), Doing (1981), Moreno-Casasola y Espejel (1986). Una asociación con rasgos particulares es DPW, éstas se distinguen de las DP de resto de la barra por la dominancia de *Asclepias albicans* (CSD = 24%) y por la baja abundancia de *Cyrtocarpa edulis* (CSD = 0.2%) que es la especie dominante en las DP. El MSC de El Mogote tiene rasgos peculiares ya que parece ser una versión depauperada del matorral sarcocaule que se encuentra en las comunidades vegetales próximas y que es dominante en la mayor parte de Baja California Sur. La razón determinista parece ser el sustrato arenoso y la salinidad del suelo (condición costera).

La composición florística de la zona de pioneras (PION) fue similar a la que observó Johnson (1977) en la zonación de dunas del noroeste de México, donde la alfombrilla *Abronia*

maritima es la principal formadora de dunas en la zona central del Golfo de California ubicada entre los 24° y 28° N. Dicho rango geográfico corresponde al denominado por la misma autora como sector árido-central, el cual biogeográficamente representa la transición del trópico seco con el Desierto Sonorense.

De manera similar a lo reportado por Johnson (1977) y Pérez-Navarro (1995) para la Región del Cabo, en la zona de dunas embrionarias y dunas frontales es característica *Palafoxia linearis*. Sin embargo, opuesto a lo registrado por Pérez-Navarro (1995), la riñonina *Ipomoea pes-caprae* no domina la zona de pioneras, sino que se halla restringida a pequeñas zonas que se supone están más protegidas de los disturbios por actividades humanas.

Para las dunas frontales (DF) de la Región del Cabo se registran con frecuencia abundantes pastos salados como *Jouvea pilosa* y otras hierbas anuales o perennes como *Froelichia interrupta, Ipomoea stolonifera, Proboscidea altheaefolia, Asclepias subulata, Palafoxia linearis* (Johnson, 1977; Pérez-Navarro, 1995). De forma distinta, en El Mogote, las dunas frontales se encuentran dominadas por hierbas perennes erectas (*Psorothamnus emoryi, Amaranthus watsonii, Croton californicus)* y arbustos pequeños de lomboy *Jatropha cinerea.*

Las DP y MSC comparten elementos florísticos entre los que destacan *Jatropha cinerea, Psorothamnus emoryi*, *Amaranthus watsonii, Xhylothamnia diffusa, Krameria paucifolia, Croton californicus*, *Cylindropuntia cholla*, *Cylindropuntia alcahes Pachycereus schottii, Stenocereus gummosus, Fouquieria diguetii, Lycium brevipes*, *Lycium fremontii*, *Bursera epinnata, Bursera filicifolia,* y *Condalia globosa*. La composición de DP

corresponde también, en cierta medida, a las dunas posteriores de la zona árido-central de Baja California que es reconocida por Johnson (1977) y difiere un tanto con la composición descrita por Pérez-Navarro (1995) para la Región del Cabo, principalmente por la abundancia frecuente del ciruelo *Cyrtocarpa edulis* a partir de DP hacia el interior de El Mogote.

De acuerdo con Johnson (1977) la franja transversal a la península en la queda incluido El Mogote se puede considerar como una zona transicional entre el Desierto Sonorense y la Región del Cabo debido a que muchas de las especies propias del trópico ya no se presentan en las dunas (*e. g*. en dunas frontales), no obstante, algunas especies como *Palafoxia linearis* y *Euphorbia leucophylla* aún permanecen.

Respecto a la vegetación de los salitrales (SAL), en términos generales se puede decir que los SAL de El Mogote corresponden a la asociación *Allenrolfeetum-occidentalis* que reportan Delgadillo *et al.* (1992) para varios puntos de Baja California. Dicha asociación casi monoespecífica es dominada por la saladilla *Allenrolfea occidentalis* y particularmente en los salitrales inundables (SALH) de la zona de estudio es acompañada de *Monantochloe littoralis.* Ambos taxa son estenoicos y tienen en común su alta tolerancia a la salinidad edáfica y a la sequía a niveles no soportados por otras halófitas.

Debido a que la asociación *Allenrolfeetum-occidentalis* (Delgadillo *et al.,* 1992) está fuertemente ligada a los climas áridos, como los existentes en los desiertos costeros tanto de la Costa Pacífica como del Golfo de Baja California, es considerada como una zona de transición entre la vegetación de los desiertos de afinidad tropical y los de afinidad templada o de clima estacional.

En cuanto a la zonación de salitrales propuesta por Delgadillo *et al.* (1992), se observó que mientras la zonación de saladares bajacalifornianos extratropicales es muy clara en la zona comprendida entre los niveles máximo y mínimo alcanzados por el agua durante la pleamar (Delgadillo *et al*., 1992); en zonas con sustrato y nivel de pendiente más homogéneo la zonación no es evidente (Pérez-Navarro, 1995), lo cual parece suceder en los SALH de nuestra zona de estudio pues sólo se detectó la zona de salitral alto.

Conforme a lo descrito por Delgadillo *et al.*. (1992), los salitrales altos son zonas semi-húmedas que pueden inundarse cuando las tormentas coinciden con las mareas más altas, por lo que se les considera eurihalinos con fluctuaciones de salinidad estacionales; su extensión hacia el interior depende de la profunidad del agua subterránea ya que la aparición de laderas reduce la subirrigación de mareas y a su vez permite el crecimiento de especies no halófitas, en nuestro caso de vegetación de dunas como la del MSC.

Con respecto a los manglares, los resultados obtenidos para El Mogote concuerdan con Jiménez-Quiroz (1991) en cuanto a que en la Ensenada de La Paz, estos ambientes están conformados por pequeños árboles. Su estructura es relativamente sencilla, lo cual puede atribuirse a las condiciones ambientales extra-tropicales, al margen de las idóneas para el desarrollo óptimo de los manglares típicos, aunque otras poblaciones de manglares ubicadas más al norte, tanto por el Golfo de California como por la costa del Pacífico, marcan el límite norteño de las formaciones de estas agrupaciones (Rzedowski 1978, Delgadillo *et al*., 1992).

Aunque la estructura de los manglares no fue analizada a profundidad, en forma cualitativa se detecta que la mayor superficie de esta asociación se halla ocupada por la

asociación de MANI que a su vez se halla dominada en el estrato arbóreo por el mangle negro *Avicennia germinans* y en el estrato herbáceo *Batis maritima.* Estos resultados son congruentes con lo registrado por Jiménez-Quiroz (1991) para los manglares de El Mogote. En ellos el mangle negro *Avicennia germinans* es la especie más abundante, lo cual puede ser explicado por su resistencia a las condiciones climáticas subtropicales y de aridez (Lot *et. al*, 1975) y porque según Mc Nae (1963) citado por Jiménez (1991), prefieren sustratos en donde predominan las arenas finas y limos lo cual se cumple en la zona de estudio.

De acuerdo con Delgadillo (1992), los manglares habitan la misma zona ocupada más hacia el norte de Baja California por el salitral bajo. En los manglares de El Mogote fue posible observar la zonación de manglares descrita por el mismo autor; en ella la asociación *Laguncularia racemosae - Rhizophoretum mangle* que corresponde con los manglares externos de El Mogote, constituye la primer banda en relación con el nivel de mareas en los manglares bajacalifornianos con influencia subtropical ocupando las zonas intermareales protegidas del embate directo de las olas como esteros y lagunas post-dunas. Debido a la formación de canales de marea hacia la punta de El Mogote, en el extremo este prosperan el mangle rojo *Rhizophora mangle* en la zona permanentemente inundada y el mangle blanco *Laguncularia racemosa* aparece dentro de las poblaciones de *Rhizophora mangle* pero su óptimo se encuentra bajo la influencia de las mareas.

La siguiente zona al interior de la barra fue denominada manglares internos (MANI) y constituye la transición entre el salitral y el manglar. Mientras que en los manglares bajacalifornianos el *Laguncularia – Aviceniietum germinantis* es típico la zona de transición, en el Mogote se compone fundamentalmente de *Avicennia germinans* formando pequeños

bosquetes, cuyo estrato herbáceo es dominado por *Batis maritima*, mientras que el mangle blanco *Laguncularia racemosa* presenta bajas abundancias (CSD = 4%).

9.2 Patrón de distribución de la vegetación

El patrón de distribución obtenido muestra que la estructura y composición de las asociaciones vegetales de El Mogote (ver mapa de vegetación) se halla ligada con los procesos geológicos que le han dado origen.

En los campos de dunas activas ubicadas al oeste de la barra, los procesos de formación de suelo son muy dinámicos. En ellos se han establecido pocas especies vegetales, típicamente formas de pioneras como *Ipomoea pes-caprae* así como especies propias de las dunas frontales (DF). Específicamente en las crestas y caras expuestas a la Bahía, se obtuvieron las coberturas vegetales más bajas registradas para la totalidad de las agrupaciones; ello puede ser explicado por la restricción al establecimiento de plántulas ejercida por la exposición al viento, en particular el de invierno con dirección noreste, además del movimiento y abrasión de la arena.

Es probable que el fuerte impacto del viento en el oeste de la barra y la baja cobertura vegetal característica de los primeros cordones de dunas (PION) estén correlacionados con las variaciones de las asociaciones observadas en sentido oeste-este. En general hay una tendencia a incrementar la cobertura hacia el este, en particular las dunas posteriores del oeste (DPW) mostraron una cobertura vegetal notablemente menor (24%) con relación a dunas posteriores DP (46%) e incluso al de dunas frontales DF (38%).

El MSC se ubica sobre antiguos cordones de playa y dunas, ocupando la mayor superficie de El Mogote (45% de la superficie total). De acuerdo con la geomorfología del Mogote descrita por Mendoza-Maravillas (1990), los vados corresponden con los salitrales no inundables (SALS), parte de la zona de marismas con los salitrales inundables (SALH) e indiscutiblemente los pantanos cercanos a canales de marea y ganchos corresponden a los manglares (MANE y MANI, respectivamente).

Se puede considerar que el patrón de distribución dominante responde a los procesos sedimentarios que conforman al Mogote como barrera arenosa, en particular los vientos del norte determinan en gran medida la zonación de dunas. No obstante la influencia eólica durante el verano propicia la formación de franjas delgadas con vegetación de las DF y DP en zonas aledañas a los SAL y los MAN.

9.3 Gradientes de vegetación y ambientales en dirección norte-sur

Al igual que en otros estudios (Moreno-Casasola, *et al.*, 1982; Castillo *et. al*, 1991), se observa que el desarrollo de gradientes en la vegetación de dunas es un tanto complejo. Tal complejidad radica en el efecto combinado de factores ambientales. Algunos de los más comunes están relacionados con la salinidad, nutrientes, humedad, viento, topografía, estabilidad del sustrato e inundación, que a su vez se relacionan con la distancia al mar (Ranwell, 1972; Moreno-Casasola, 1982; Moreno-Casasola, *et al.*, 1982).

Aún cuando se registró una fuerte afinidad florística y edáfica entre los grupos de dunas con vegetación propiamente costera (PION, DF y DP) y la vegetación árido-tropical (MSC), es probable que ligeras variaciones en el sustrato (nutrientes, textura, exposición)

creen microambientes particulares que en distinto grado afectan la sobrevivencia, estructura de individuos y la fijación de plántulas (León de la Luz, 1999), modificando de esa forma la composición de las comunidades vegetales.

Los resultados derivados de la ordenación indirecta por ACP para la vegetación sugieren que el patrón de distribución de las asociaciones está determinado por la cercanía al mar (exposición a la salinidad del suelo y a la aspersión salina *salt spray*) y por la estabilidad del sustrato (textura y tamaño de partículas). Como resultado de la cercanía al mar los efectos de aspersión salina, viento e inundación son más fuertes y disminuyen gradualmente tierra adentro (Ranwell, 1972).

La salinidad proviene de la intrusión de agua marina o por la brisa. En esta última, la concentración salina puede ser crítica; de hecho, la habilidad para tolerarla se considera una adaptación trascendental de las plantas de playas y dunas frontales (Barbour, 1978; Hesp, 1991) por lo que determina en gran medida la zonación de dunas (Rozema *et al*., 1985; Skyes y Wilson, 1988; Wilson y Skyes, 1999). Aunque la aspersión salina pocas veces es cuantificada, Rozema *et al.* (1985) afirman que en dunas costeras la salinidad en el aire (más que la del suelo) asociada con diversos factores como abrasión por viento y arena, enterramiento (*sand burial*), falta de agua y nutrientes, son los factores que más limitan el crecimiento vegetal.

Además de la salinidad aérea, el mar puede aportar cantidades considerables de sales que se depositan en el suelo hasta distancias variables tierra adentro. Los resultados del ACP para parámetros ambientales indican que la influencia de los cuerpos de agua se manifiesta en

las altas concentración de K^+ y Na^+, en los suelos de las asociaciones de pioneras (PION), manglares (MAN) y salitral (SAL), considerados como los extremos del gradiente.

La concentración de sales a su vez se ve reflejada por los sólidos totales disueltos. Cabe resaltar que su magnitud es mucho mayor en MAN (6600-5570 mg kg suelo^{-1}) que en PION (220-172 mg kg suelo^{-1}). El hecho de que la salinidad sea más alta hacia el MAN está relacionado con la textura del sustrato puesto que, debido a la gran cantidad de espacio poroso en los suelos de dunas, las sales se lixivian más fácilmente que en texturas finas (MAN). Por otro lado, la alta salinidad en MAN y SAL se puede explicar por las condiciones de hiper-halinidad de la Ensenada de La Paz que Jiménez-Quiroz (1991) atribuye a la escasez de aportes de agua continental provenientes de la precipitación y escurrimientos.

A diferencia de lo encontrado por Espejel (1986) en otros ambientes costeros del sureste de México conformados por dunas y manglares, el gradiente edáfico de El Mogote no indica un gradiente edáfico unidireccional en algunas variables como materia orgánica, pH y salinidad. Ello puede deberse a que El Mogote recibe doble influencia marina, en la vertiente norte tiene a la Bahía de La Paz y la vertiente sur a la Ensenada de La Paz, mientras que en otros ambientes costeros el gradiente ocurre solamente en el sentido mar-tierra adentro. Por otro lado, la formación de SAL (salitrales) agrega variabilidad en las variables edáficas medidas y finalmente, algunas de las variaciones mostradas en el patrón de comportamiento de los iones a lo largo de la barra pueden explicarse por el dinamismo del sustrato y eventualmente por cambios estacionales.

La cantidad de nutrientes representada sólo por la concentración de nitratos y nitritos igual que en otros reportes (Moreno-Casasola *et al.*, 1982; Espejel, 1986) resultó muy bajo y aunque no mostró un gradiente de playa, el contenido de nitritos fue mayor en el estrato superficial del MSC (NO_2^{-2} = 1.03 mg kg suelo^{-1}), mientras que en los otros ambientes, incluso los manglares y salitrales fue casi imperceptible (NO_2<0.03 mg kg suelo^{-1}). Por otro lado, la cantidad de nitratos fue superior en todos los ambientes con sustratos francamente arenosos (0.02-1.77 mg kg suelo^{-1}) mientras que en MAN y SAL las cantidades fueron imperceptibles (NO_3<0.01 mg kg suelo^{-1}).

Aunque no se obtuvieron datos de otros nutrientes se sabe que en ambientes salinos la baja disponibilidad de nitrógeno suele estar asociada con baja disponibilidad fósforo, por lo que ambos se consideran determinantes para el crecimiento vegetal (Drake y Ungar, 1989). Por otra parte, los valores de pH se presentan como referencia debido a que el patrón en el comportamiento del pH no siempre es claro.

De manera semejante con trabajos realizados en otras zonas del país (Moreno-Casasola, 1982; Espejel, 1986), se advirtió que la materia orgánica es más baja en la zona de pioneras y mayor en la de matorrales. No obstante el comportamiento en DF y DP no siguen el patrón, lo cual puede estar ligado con la movilidad del sustrato. De manera similar se han reportado que el Ca^{+2} es más abundante en los matorrales mientras que en otras partes se presenta en pequeñas cantidades (Espejel, 1986). Se presume que la abundancia de Ca^{+2} en MSC de El Mogote se debe a que en este sector la fuente de Ca^{+2}, son conchas marinas que se han degradado y por eso está disuelto en el suelo, mientras que pioneras, dunas frontales y DP permanecen todavía como gránulos.

El segundo factor en importancia que determina el gradiente de vegetación en El Mogote se asoció con la estabilidad del sustrato (ACP de relevés). En estudios de dunas costeras, Moreno-Casasola *et al*. (1982) afirman que el movimiento de la arena implica condiciones particulares para el establecimiento y permanencia de las especies, por lo que constituye un elemento esencial para las plantas. Análogo a lo observado en otros estudios (Espejel, 1986; Jiménez-Quiroz, 1991; Delgadillo *et al.*, 1992; Pérez-Navarro, 1995), los suelos de MAN y SAL presentan texturas areno-arcillosas o areno-limosas que da como resultado sustratos parcialmente estabilizados.

La relativa estabilidad en el MSC se puede atribuir al hecho de que los primeros cordones de dunas sirven como cortina rompevientos y protegen a las dunas internas. Además, en éstas últimas existe una cubierta vegetal mayor la cual amortigua el movimiento de arena, por lo que el suelo arenoso se estabiliza cada vez más y se deposita materia orgánica en la superficie. El incremento en cobertura vegetal registrado desde la zona de PION hacia las dunas internas (DF, DP y MSC) fue notable, situándose en el intervalo de 22% en PION a 49% en MSC. Aunque la materia orgánica no fue una variable importante en el análisis (quinta variable importante en CP1), existe un gradiente en las dunas, mostrándose un contenido ligeramente mayor en el estrato superficial de MSC (MSC1 = 0.54%) y el menor en PION y DP (0.01%).

De forma congruente con el análisis de vegetación, el ACP para variables edáficas indica que el segundo factor (variable con mayor peso en el CP2) es la textura, en particular el tamaño de grano de arenas, el cual también puede ser indicador de la estabilidad del suelo.

Así, los ambientes del interior como MSC y DP se caracterizan por tener sustratos con texturas en donde predominan las arenas finas, mientras que en el margen norte de la barra en la zona de pioneras los sustratos poseen mayor proporción de arenas de tamaño medio.

Los resultados encontrados concuerdan con la distribución textural de El Mogote propuesta por Mendoza-Maravillas (1990), en la que se muestra que en ese sentido, tanto la zona norte (playa) como la del sur (marismas) corresponden a ambientes sedimentarios y los del interior como las dunas internas del MSC, son de transporte eólico.

De manera análoga a lo registrado en este trabajo, Costa *et. al*. (1996), diferenciaron dos asociaciones de dunas de la costa sureste de Brasil (*Panicum* e *Hidrocotyle-Paspalum*) mediante un gradiente por diámetro de arenas el cual relacionó con la estabilidad del sustrato. Algunos autores como Johnson (1977), Moreno-Casasola (1982) y Chapman (1976), afirman que el diámetro de las arenas está relacionado con la velocidad del viento y a su vez influye sobre la capacidad de retención hídrica y sobre la movilidad del sustrato, por lo que las partículas de mayor tamaño como las de PION y DF ruedan, en tanto que las de tamaños inferiores son transportadas por el viento hacia las DP y el MSC en donde la capacidad de retención hídrica puede ser mayor.

De acuerdo con Castillo y Moreno-Casasola (1998), en las dunas estabilizadas (en nuestro caso en el MSC), las condiciones son relativamente benignas; la fluctuación de temperatura y humedad es menor, la cantidad de nutrientes es mayor y el impacto del viento ya no es tan extremo, por lo que las interacciones biológicas incrementan su estabilidad ecológica (Houle, 1997).

Adicionalmente, otro factor que debe ser considerado en la relativa estabilidad del suelo del MSC es la alta densidad radicular a mayor profundidad (más de un metro), la cual trae consigo una mayor actividad microbiana y presencia de compuestos orgánicos que sirven como cementantes y mejoran la agregación del suelo.

9.4 Atributos de las asociaciones vegetales de El Mogote

En el gradiente playa-interior de la barra se observó una tendencia al incremento de la riqueza específica conforme aumenta la estabilidad del sustrato (hacia MSC) y disminuye las asociaciones de los MAN (MANI y MANE), los SAL (SALS y SALH) y PION. De manera similar a lo descrito para otras dunas costeras (Moreno-Casasola *et al.*, 1982; Castillo *et al.*, 1991), aunado al aumento de riqueza específica se obtuvo una mayor cobertura vegetal.

Paralelo al comportamiento de la riqueza específica, el índice de diversidad Shannon revela un aumento en diversidad hacia las dunas más estabilizadas (MSC), por lo que la distribución de la abundancia es más equitativa y disminuye la dominancia. El comportamiento de la dominancia se cuantificó por medio del Coeficiente de Dominancia Simple como una forma de expresar la importancia relativa de cada especie. Con ello, se encontró que las asociaciones con baja diversidad como PION, SAL (SALS y SALH) y MAN (MANI y MANE), generalmente están dominadas por un máximo de tres especies, mientras que en MSC no existe una fuerte dominancia y la riqueza es la más alta respecto al resto de las asociaciones.

Por otra parte, al analizar el recambio de especies entre pares de asociaciones (Diversidad Beta), se registraron bajos índices dentro del grupo de dunas (excepto entre PION

y MSC donde β = 0.7) y dentro de las asociaciones de SAL o MAN, lo cual explica su relativa homogeneidad fisonómica dentro de cada ambiente, situación inversa al comparar entre las asociaciones correspondientes a vegetación de dunas (PION, DF, DP, DPW y MSC) con las de MAN y/o SAL, los valores de β tienden a incrementarse y por lo tanto las diferencias florísticas también son mayores. (Tabla 9). Aunque la vegetación de los SAL tiene cierta relación con la de los MAN, es claro que existen fuertes diferencias florísticas entre los SALS y los MAN lo cual puede constatarse con los altos valores para β al comparar SALS *vs* MANI o SALS *vs* MANE.

9.5 Análisis de las formas de crecimiento respecto al gradiente ambiental

Al igual que lo reportan diversos estudios (Rzedowski, 1978; Moreno-Casasola *et al.*, 1982; Espejel, 1986; Pérez-Navarro, 1995; Caldas y Honrado, 2001), la fisonomía de la vegetación de dunas en El Mogote está dominada por arbustos que incluyen formas de especies arbóreas achaparradas que presumiblemente son una modificación de hábitos de crecimiento frente a condiciones estresantes como exposición al viento, grado de enterramiento y movilidad del sustrato, los cuales pueden relacionarse con algunas respuestas vegetales. Es de esperarse que estos mecanismos de respuesta representen una ventaja de las especies para colonizar y dominar determinados ambientes.

La zona de pioneras (PION) y dunas embrionarias esta dominada por *Abronia marítima*, hierba perenne cuyos tallos acumulan arena y fijan el sustrato (Johnson, 1977), además de ser suculenta, lo cual sugiere ventajas para almacenar agua. En las DF (dunas frontales) abundan hierbas perennes y subarbustos que probablemente afrontan el impacto del

viento con características como pubescencia que ofrece resistencia a la desecación, tallos delgados con menor superficie de contacto (*Croton californicus* y *Psorothamnus emoryi*), tallos semi-suculentos (*Jatropha cinerea*) y hojas caducas en la mayoría de las formas arbustivas para evitar pérdida de agua durante la estación seca (en ocasiones por casi 8 meses) pues como es sabido, la acumulación de agua es mínima debido a alta percolación característica de los sustratos arenosos.

En la zona de las DP por ser de acumulación, es probable que la dominancia de ciruelo *Cyrtocarpa edulis* esté relacionada con su tolerancia al enterramiento de arena lo cual puede estimular a su vez el crecimiento vegetal y además puede funcionar como un filtro, eliminando selectivamente a las especies susceptibles, como lo reporta Maun (1998). En un ambiente como El Mogote debe ser ventajoso poseer mecanismos eficientes de reproducción y para el caso del ciruelo es muy probable que la reproducción vegetativa vía tallos sea la más frecuente, ya que en campo sólo se registraron individuos adultos pero no así plántulas o individuos juveniles. Al parecer el enterramiento de los tallos del ciruelo al encontrarse semi-enterrados promueven la reproducción asexual gracias a la producción de raíces adventicias.

La respuesta observada respecto a la acumulación de arena es variada pues un hecho interesante es que otras formas sarcocaules semejantes al ciruelo como los copales se presenten sólo como arbustos decumbentes además de que no se detectó propagación vegetativa. Otra respuesta que se supone está relacionada con el grado de exposición al viento es la que una variación en el porte de la golondrina *Euphorbia leucophylla*, esta suele ser tener menores tallas y posiciones postradas en ambientes más expuestos como las dunas frontales.

Para algunas cactáceas como *Cylindropuntia alcahes, Cylindropuntia cholla, Pachycereus schottii* y *Stenocereus gummosus*, algunos rasgos como la suculencia, cutícula gruesa, presencia de espinas y raíces superficiales les permite equilibrar su economía hídrica como lo indica Strasburger *et al*. (1993). De forma análoga otras especies dominantes en MSC como *Condalia globosa y Fouquieria diguetii* la espinescencia y una reducción del área de transpiración consigue un uso eficiente del agua. De acuerdo con Mangum (1950) esto se obtiene muchas veces, por desprendimiento de hojas al empezar el periodo seco como se observa claramente en *Fouquieria diguetii.*

En los ambientes de alta salinidad la respuesta también es diversa, desde formas halófilas arbóreas con glándulas de exudación de sales (*Avicenia germinans*) hasta formas de hierbas suculentas como *Allenrolfea occidentalis.* El efecto de engrosamiento de hojas por aspersión salina (Cartica y Quinn, 1980; Barbour *et al*., 1985) puede explicar la abundancia de *Abronia maritima* en la zona de PION. De acuerdo con Delgadillo (1992), el hábito postrado de *Batis maritima* puede representar una adaptación para tolerar las inundaciones temporales que ocurren en la zona de transición manglar-salitral (salitrales inundables). Es de esperarse que los mecanismos de respuesta de estas especies representen una ventaja para colonizar y dominar determinados ambientes.

9.6 Estado de conservación de la vegetación

En términos generales se pudo advertir que algunos sectores muestran algún nivel de afectación por actividades humanas. Como resultado del paso frecuente de vehículos durante actividades recreativas, se observó cierto impacto en algunas herbáceas de la zona de dunas.

En la zona de playas el efecto por pisoteo no es muy evidente, aunque la acumulación de desechos plásticos, en especial los que arrastran las olas, comienza a ser notable tanto en las playas ubicadas hacia la Bahía, como en las que se llegan a formar del lado de la Ensenada de La Paz.

En las dunas internas propiamente en el área ocupada por el MSC se detectó cierto grado de impacto que consiste en disminución de la cobertura vegetal sobre las brechas que atraviesan diagonalmente a El Mogote, las cuales sirvieron como vías de acceso a las construcciones que actualmente se hallan abandonadas (ver mapa de vegetación: Anexo 3). A la fecha esas dos brechas se encuentran en desuso, no obstante, es posible observar que algunas poblaciones como la del ciruelo C*yrtocarpa edulis* y *Condalia globosa* no han recuperado sus abundancias con relación al resto del matorral. Por su parte el palo Adán *Fouquieria diguetii* parece haber recuperado sus poblaciones ya que se observaron coberturas semejantes a los de las zonas adyacentes. Mientras que otras especies como *Xylothamia diffusa, Krameria paucifolia* y *Amaranthus watsonii* han poblado con gran éxito la zona convirtiéndose en las especies dominantes.

En la zona de construcciones abandonadas ubicadas en la costa sur-este de la barra, se observó que sobre los bordes de los canales de dragado domina el zacate buffel *Cenchrus ciliaris.* Dicha especie es común en la vegetación riparia y para algunas zonas del Desierto Sonorense se ha llegado a considerar una amenaza seria debido a que tiene potencial para competir de forma eficiente con especies nativas, ocasionando en muchas ocasiones cambios dramáticos en la composición y estructura de las comunidades vegetales (Van Devender y Búrquez, 1997). Otras especies que forman parte de la flora introducida son *Washingtonia*

robusta, Tamarix sp., no obstante, sus poblaciones son de unos cuantos individuos que además se hallan concentrados en la zona de influencia de las construcciones abandonadas.

Respecto a la vegetación de manglares y salitrales se considera que están en buen estado de conservación, a excepción de las poblaciones que se hallan en el extremo este sobre una laguneta cuyo flujo se ha interrumpido, dando como resultado una alta mortalidad de mangle blanco *Laguncularia racemosa*.

9.7 Probable impacto de los desarrollos turísticos en El Mogote

Si bien, El Mogote es un sistema dinámico debido a que está continuamente expuesto al impacto de fenómenos meteorológicos (huracanes y dinámica de vientos estacional), se conocen más casos en los que la cobertura y riqueza específica de las dunas costeras resultan afectadas de forma catastrófica tan sólo por actividades recreativas (Kutiel, 1999; Pinho, 2001).

En particular las zonas con plantas de sistemas radiculares superficiales, como las pioneras, pueden ser más susceptibles al pisoteo y tránsito de vehículos pues se ha documentado que después de disturbios que consisten en destrucción de la cubierta vegetal, la regeneración en la zona de pioneras es casi imperceptible en comparación con las dunas internas (González y Moreno, 1982). Otras experiencias registradas en algunas las costas europeas indican que el disturbio humano (*e. g*. pisoteo o transito de vehículos) sobre la vegetación de dunas internas puede dar lugar al reemplazamiento de especies nativas por vegetación ruderal. Asimismo, la acumulación de sustrato sumamente móvil en dunas internas

perturbadas puede producir el desarrollo de amplias extensiones de vegetación pionera intercalada con la vegetación propia de la zona (Pinho, 2001).

La dinámica de dunas es un factor que debería considerarse en los planes de manejo, pues cualquier perturbación desencadenará procesos de colonización, reclutamiento, heterogeneidad ambiental, remoción del sistema dunar tierra adentro que pueden conducir a la destrucción parcial de la cubierta vegetal (Caldas y Honrado, 2001). Así mismo, el movimiento descontrolado de la arena puede llegar a representar un problema de salud para la población urbana de La Paz.

De acuerdo con las observaciones realizadas en campo, algunas especies como el ciruelo *Cyrtocarpa edulis,* el lomboy *Jatropha cinerea*, así como los copales *Bursera* spp. muestran bajo reclutamiento de sus poblaciones, por lo que se sugiere que previo a cualquier exclusión vegetal se establezcan viveros para propagación de especies nativas que provean de material para reforestación permanente en aquellas áreas donde se conserve vegetación natural.

Aparte del impacto ecológico que puede tener como consecuencia la introducción de especies exóticas, es conveniente señalar que la sustitución de especies como los ciruelos *Cyrtocarpa edulis*, afectará económicamente a la gente que de manera tradicional recolecta pitayas y ciruelas de El Mogote; ello sin considerar que estas últimas representan además, un símbolo de identidad para los habitantes de La Paz.

XV. CONCLUSIONES

Debido al origen costero de El Mogote, a su posición transicional en el límite norte de la Región del Cabo y a su relativa condición insular, éste exhibe una estructura y combinación de componentes florísticos que revelan un paisaje singular en la península, por lo que desde el punto de vista antropocéntrico, uno de sus valores radica precisamente en dicha unicidad.

De los 72 taxa registrados, las familias mejor representadas son las gramíneas, cactáceas y compuestas. Algunos de estos taxa son relevantes pues representan endemismos estatales (*Agave datylio, Bursera filicifolia, Cynanchum peninsulare, Cytrocarpa edulis, Hyptis laniflora, Mentzelia adhaerens, Phoradendron diguetianum. Palafoxia linearis* var. *glandulosa* y *Perityle crassifolia* var. *robusta*). Otros taxa de afinidad tropical circunscriben su distribución peninsular hacia los alrededores de El Mogote (*Ipomoea pes-caprae* y *Euphorbia leucophylla* subsp. *comcaacorum*) y algunos otros están confinados puntualmente a zonas específicas de la zona de estudio (*Agave datylio* var. *datylio, Ipomoea pes-caprae* y *Yucca valida*). Se considera como especie emblemática al ciruelo *Cyrtocarpa edulis* por poseer una singular modificación achaparrada-tortuosa a partir de la típica forma de crecimiento arbórea. Dicha modificación se presenta en la zona de dunas como arbusto de gruesos tallos decumbentes con propagación asexual.

Se definieron nueve asociaciones pertenecientes a tres tipos de comunidades vegetales costeras. El primer ambiente esta conformado por la vegetación de dunas (VD), el segundo por salitrales (SAL) y tercero por manglares (MAN). En VD se diferenciaron cinco asociaciones que son: pioneras (PION), dunas frontales (DF), dunas posteriores (DP), dunas posteriores del

oeste de la barra (DPW) y Matorral sarcocaule (MSC) el cual ocupa la mayor superficie del área de estudio (44%). En la vegetación de SAL se reconocieron dos variantes: los salitrales no inundables (SALS) y los salitrales inundables (SALH). Por último para los MAN se diferenciaron dos asociaciones: manglares internos (MANI) y manglares externos (MANE).

El patrón observado en la distribución vegetal responde a los procesos de arrastre y depositación del sustrato arenoso que han venido conformando al Mogote como una barra, en donde los vientos del norte determinan en gran medida la zonación de dunas, en tanto que los sedimentos de los arroyos que descargan en la Ensenada de La Paz contribuyen a su acrecentación. Así entonces, la conformación de unidades o asociaciones vegetales está determinada por condiciones ambientales, particularmente por el tipo y condiciones del sustrato. Las condiciones de estabilidad y salinidad se relacionaron fuertemente con el gradiente de vegetación desde la línea de costa hacia el interior de El Mogote, es decir, desde la Ensenada de la Paz (MAN) o Bahía de La Paz (PION) hacia el interior de la barra (MSC).

En general, tanto la riqueza específica como la diversidad ecológica tienden a ser mayores en las zonas de sustrato estabilizado (MSC: 26 spp y 2.4 beles individuo^{-1}) y con relativa baja salinidad y disminuyen en los ambientes extremos como la zona de PION (9 spp y 1.7 beles individuo^{-1}) y los MAN (10 spp y 1.8 beles individuo^{-1}). Asimismo, la diversidad Beta presenta generalmente índices altos al comparar por pares a las asociaciones de las dunas con los MAN ($\beta > 0.9$) y los SAL ($\beta > 0.50$), y presenta niveles bajos (0.16-0.33) en la mayoría de combinaciones entre las dunas internas (DF, DP, DPW y M SC), indicando una alta similitud florística.

El análisis de componentes principales (ACP) para variables edáficas evidenció que el principal factor ambiental que determina el gradiente florístico es el efecto marino, el cual puede ser explicado por la abundancia de sales de sodio (52-4496 mg Na^+ kg $suelo^{-1}$) o potasio (88-302.2 mg K^+ kg $suelo^{-1}$) en los extremos del gradiente (PION y MAN), y una concentración menor al interior de la barra en sustrato estabilizado (15-21 mg K^+ o Na^+ kg $suelo^{-1}$). Asimismo se precisó que el segundo factor de importancia es la textura del sustrato, específicamente el diámetro de partículas. Así, los ambientes del interior como MSC y DP se caracterizaron por tener sustratos con texturas en donde predominan las arenas finas (125-250 μm), mientras que en el margen norte, en la zona de PION, el sustrato posee mayor proporción de arenas de tamaño medio (600-250 μm).

Se enfatiza que las comunidades estudiadas, al igual que otros sistemas costeros presentan un delicado equilibrio debido a las condiciones ambientales restrictivas típicas en las dunas costeras además de las propias en la zona de transición entre el trópico-árido y el Desierto Sonorense, entre ellas: altas temperaturas, baja disponibilidad de agua, vientos intensos y constantes, aspersión salina, suelos móviles y pobreza en nutrientes, aridez edáfica etc. en donde adaptativamente se han seleccionado las formas de vida propias a estas condiciones, ante lo cual, el disturbio antropogénico puede trastocar irreversiblemente esa delicada estructura. Particularmente preocupante es el inminente desarrollo turístico que afectará casi la tercera parte de la barra (casi 5.3 km^2) y que considerando su zona de influencia podrá alterar en gran medida el resto de la superficie.

Se considera que los atributos determinados y las técnicas de aproximación para análisis de la vegetación han reflejado la estructura de la vegetación y además revelan su potencial de aplicación en otros sistemas costeros similares, ya sea en la misma península como en otras regiones del país.

XVI. LITERATURA CITADA

Álvarez-Arellano, A. D., H. Rojas-Soriano y J. J. Prieto-Mendoza. 1997. Geología de la Bahía de La Paz y áreas adyacentes. *In*: La Bahía de La Paz, investigación y conservación. UABCS. pp. 13-29

Anderson, E. F. 2002. The cactus family. Timber Press. Portland, USA. 1776 pp.

Axelrod, D. I., 1979. Desert vegetation, its age and origin. *In*: Arid Land Plant Resources, J. R. Goodin and D. K. Northington (eds). Texas Tech University, Lubbock, pp. 1-72.

Barbour, M. G. 1978. Salt spray as a microenvironmental factor in the distribution of beach plants at Point Reyes, California. *Oecologia* 32: 213-224.

Barbour, M. G., T. M. de Jong y B. M. Pavlick. 1985. Marine beach and dune plant communities. *In*: B. F. Chabot, H. A. Moonery (eds.). Physiological ecology of North American plant communities. New York: Chapman and Hall. pp. 296-322.

Begon, M., J. L. Harper y C. R. Townsend. 1996. Ecology, individuals, populations and communities. 3ª. ed. Blackwell Scientific Publications. 1092 pp.

Brambila-Miranda, E. S. 1989. Variación morfológica, textural y mineralógica en el periodo de marzo de 1986 a febrero de 1987 de las playas al sureste de la Bahía de La Paz, B. C. S. México. Tesis de licenciatura. UABCS. 59 pp.

Brandegee, T. S. 1894. Additions to the flora of the Cape Region of Baja California. *Zoe*: 4: 108-131.

Braun-Blanquet, J. 1979. Fitosociología: Bases para el estudio de las comunidades vegetales. H. Blume Ediciones. Madrid, España. 820 pp.

Brower, J. E. y J. H. Zar.1977. Field and Laboratory Methods for General Ecology. Wm. C. Brown Company Publishers, Dubuque, Iowa. 194 pp.

Caldas, F. B. y J. Honrado. 2001. Flora and vegetation of the Atlantic dunes of the northwest coast of Portugal. *In*: Houston, J., S. E. Edmondson y P. J. Rooney (eds.). *Coastal Dune Management. Proc. of the European Symp. "Coastal Dunes of The Atlantic Biogeographical Region"*. 337-342.

Cartica, R. y J. A. Quinn.1980. Response of populations of *Solidago sempervives* (Compositae) to salt spray across a barrier beach. *Am. J. Bot.* 67(8): 1236-1242.

Castillo, S., J. Popma y Moreno-Casasola P.1991. Coastal dune vegetation of Tabasco and Campeche, México. *J. Veg. Sci*. 2: 73-88.

Castillo, S. y P. Moreno-Casasola. 1998. Análisis de la flora de dunas costeras del litoral Atlántico de México. *Biotica* 45: 55-80.

Champman, V. J. 1976. Coastal vegetation. Pergamon Press, Oxford. Pp. 150-216.

Colinvaux, P. A. 1993. Introduction to Ecology. New York, Wiley. 621 pp.

Costa, C. B., C. V. Cordazzo y U. Seeliger. 1996. Shore disturbance and dune plant distribution. *J. Coastal Res*. 12 (1): 133-140.

Courtemanch, D. L. 1996. Commentary on the subsampling procedure used for rapid bioassessments. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 15: 381-385.

Davies, J. L. 1980. Geographical Variation in Coastal Development. 2nd ed. Longman, New York. 212 pp.

De la Cruz-Agüero, G. 1994. Manual de usuario ANACOM *3.0*: Sistema para el análisis de comunidades. CICIMAR-IPN. B. C. S. México.

Delgadillo, J., M. Peinado, M. De la Cruz, J. M. Martínez-Parras, F. Alcaraz y A. de la Torre. 1992. Análisis fitosociológico de los saladares y manglares de Baja California, México. *Acta Bot. Mex.* 19: 1-35.

Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. 1981. Carta edafológica La Paz escala 1:1000 000. Secretaría de Programación y Presupuesto.

Doing H., 1981. A comparative scheme of dry coastal dune habitats, with examples from the eastern United States and some other temperate regions. *Veröf. Geobot. Inst. Rübel.* 77: 41-72.

Drake, D. e I. Ungar. 1989. Effects of salinity, nitrogen, and population density on the survival, growth, and reproduction of *Atriplex triangularis* (Chenopodiaceae). *Am. J. Bot*. 76(8): 1125-1135.

Espejel, I. 1986. La vegetación de las dunas costeras de la Península de Yucatán. II Reserva de la Biosfera Sian Ka'n, Quintana Roo, México. *Biotica*. 11(1): 7-23.

Ewald, J. 2003.A critique for phytosociology. *J. Veg. Sci*. 14: 291-296.

Field, J. G., K. R. Clarke y R. M. Warwick. 1982. A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 8: 37-52.

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen (adaptación a condiciones de la República Mexicana). Inst. Geogr. UNAM. 246 pp.

Gauch, H. G. 1982. Multivariate analysis in community ecology. Cambridge University Press., Cambridge.

González, L. J. y P. Moreno-Casasola. 1982. Ecología de la vegetación de dunas costeras: Efecto de una perturbación artificial. *Biotica* 7 (4): 533-550.

Gould, F. W. y R. Moran. 1981. The grasses of Baja California, Mexico. *San Diego Soc. Nat. Hist. Memoir.* 12. 140 pp.

Hesp, P. A. 1991. Ecological processes and plant adaptations on coastal dunes. *J. Arid Environ.* 21: 165-191.

Hobbs, R. H. y J. Grace. 1981. A study of pattern and process in coastal vegetation using principal component analysis. *Vegetatio*. 44: 137-154.

Houle, G. 1997. No evidence for interspecific interactions between plants in the first stage of succession on coastal dunes in subarctic Quebec, Canada. *Can. J. Bot.*. 75 (6): 902-915.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 1994. Síntesis geográfica del estado de Baja California Sur, México. Carta estatal de geología escala 1:1000 000.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 1994. Síntesis geográfica del estado de Baja California Sur, México. Carta estatal de Uso y de Suelo y Vegetación escala 1:1000 000.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 1994. Síntesis geográfica del estado de Baja California Sur, México. Carta estatal de Edafología escala 1:1000 000.

Jiménez-Quiroz, M. C. 1991. Contribución al conocimiento de los productores primarios de la Ensenada de La Paz. Análisis de la comunidad de manglar. Tesis de maestría CICIMAR-IPN. B. C. S, México. 206 pp.

Jiménez-Illescas. A. R., M. 1983. Aplicación de un modelo hidrodinámico numérico a la Ensenada de La Paz, B. C. Sur. Tesis de Maestría. CICIESE. Baja California, México.

Jiménez-Illescas. A. R., M. Obeso-Nieblas y D. A. Salas-de León. 1997. Oceanografía física de La Bahía de La Paz. *In*: La Bahía de La Paz, investigación y conservación. UABCS. pp. 31-43.

Johnson, A. F. 1977. A survey of the strand and dune vegetation along the Pacific and southern gulf coasts of Baja California, México. *J. Biogeogr.* 7: 83-89.

Johnson, A. F. 1982. Dune vegetation along the eastern shore of the Gulf of California. *J. Biogeogr.*. 9: 317-330.

Karr, J. R. 1991. Biological integrity: A long-neglected aspect of water resource management. *Ecol. Appl*. 1: 66-84.

Karr, J. y E. W. Chu. 1999. Multivariate statistical analyses often overlook biological knowledge. *In*: Restoring life in running waters: Better biological monitoring. Island Press. Washington, USA. Publicado en Internet;
www.epa.gov/biondicators/html/premise33.html [accesada desde Agosto del 2003].

Kent, M. y P., Coker. 1992. Vegetation description and analysis: a practical approach. Belhaven Press, London. England. 362 pp.

Kovach. W. 2002. Multivariate Statistical Package *version 3.1*.

Krebs, C. J. 1985. Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance. 3rd. ed. Harper and Row, New York. 800 pp.

Kutiel, P., H. Zhevelev y R. Harrison. 1999. The effect or recreational impacts on soil and vegetation of stabilized Coastal Dunes in the Sharon Park, Israel. *Ocean Coast. Manage.* 42 (12): 1041-1060.

Lenz, W. L. 1992. An annotated catalog of plants of the Cape Region, Baja California Sur, México. Claremont, CA. Cape Press/Rancho Santa Ana Garden. 114 pp.

León de la Luz, J. L., R. Coria B. y J. Cancino.1995. XI Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, Baja California Sur. Listados florísticos de México. *Inst. Biol. Univ. Nal. Aut. Méx*. 29 pp.

León de la Luz, J. L. 1999. Flora y vegetación de la Región del Cabo, Baja California Sur, México. Tesis Doctorado en Uso, Manejo y Conservación de los Recursos Naturales. CIBNOR, B. C. S., México.

León de la Luz, J. L., J. J. Pérez-Navarro, M. Domínguez L y R. Domínguez C. 1999. XVIII. Flora de la Región del Cabo de Baja California Sur. Listados florísticos de México *Inst. Biol. Univ. Nal. Aut. Méx*. 39 pp.

León de la Luz, J. L.. 2000. Vegetation of the lowlands of the Cape Region of Baja California Sur. *Proc. IAVS Symp*. P.155-157.

Lot, A., C. Vázquez-Yáñez y F. Menéndez. 1975. Physionomic and floristic changes near the northern limit of mangroves in the Gulf of Mexico. *In:* G. Walsh, S. Snedaker y H. Teas (eds). *Proc. Int. Symp. Biology and Management of mangroves. Vol. I. Institute of food and Agricultural Sciences*. University of Florida, Gainesville. Pp. 52-61.

Magurran, E. A. 1989. Diversidad ecológica y su medición. Ed. Vedra. Barcelona, España. 200 pp.

Mangum, L. 1950. Leaf xeromorphy as relates to physiological and structural influences. *The Botanical Review*. XVI(8): 399-447.

Martínez-Ramos, M. 1994. Estudios y perspectivas sobre ecología vegetal en México. *Bol. Soc. Bot. Méx*. 55: 75-91

Mason, H. L. 1957. A flora of the Marshes of California. University of California Press. Berkeley and Los Angeles, USA. 878 pp.

Maun, M. A. 1998. Adaptations of plants to burial in coastal and dunes. *Can. J. Bot.*. 76 (5): 713-738.

McCune, B. y J. B. Grace. 2002. Analysis of Ecological Communities. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon. 304 pp.

Mendoza-Maravillas. 1990. Rasgos geomorfológicos, sedimentología y geoquímica de los sedimentos de la Barra arenosa El Mogote de la Laguna de La Paz, B. C. S., México. Tesis de Licenciatura. UABCS. 80 pp.

Moravec, J. 1992. Is the Zürich-Montpellier approach still unknown in vegetation science of the English-speaking countries? *J. Veg. Sci.* 3:277-278.

Moreno-Casasola, P. 1982. Ecología de la vegetación de dunas costeras: Factores físicos. *Biotica* 7(4): 577-602.

Moreno-Casasola, P., E. Van der Maarel, S. Castillo, M.L. Huesca M. L. e I. Pisanty. 1982. Ecología de la vegetación de dunas costeras: estructura y composición en el Morro de la Mancha. *Biotica* 7: 491-596.

Moreno, C. P. e I. Espejel. 1986. Classification and ordination of coastal sand dune vegetation along the Gulf and Caribbean Sea of Mexico. *Vegetatio* 66(3): 147-182.

Müeller-Dombois D. y H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. Wiley, New York.

Nava-Sánchez y R. Cruz-Orozco 1989. Origen y evolución geomorfológica de la Laguna de La Paz, B. C. S. México. *Inv. Mar* CICIMAR 4 (1) 49-58.

Oosting, H.J. y W.D. Billings. 1942. Factors effecting vegetational zonation on coastal dunes. *Ecology* 23(2): 131-142.

Osuna-Valdéz, I. 1986. Evolución holocénica de la laguna de La Paz, B. C. S. México, Tesis de licenciatura. UABCS. 57 pp.

Peinado, M., F. Alcaraz, J. Delgadillo e I. Aguado. 1994. Fitogeografía de la Península de Baja California, México. *Anales Jard. Bot. Madrid* 51 (2): 255-277.

Pérez-Navarro, J. J. 1995. La vegetación de ambientes costeros de la Región del Cabo, Baja California Sur: Aspectos florísticos y ecológicos. Tesis de Licenciatura. UNAM. 90 pp.

Pinho, S. N. N. 2001. Ecomorfodinâmica de dunas holocénicas: Segmento costeiro Furadouro-Sul. M. Sc. Tesis. ICPBAS. Universidade do Porto, Portugal. 190 pp.

Ranwell, D. S. 1972. Ecology of salt marshes and sand dunes. Ed. Chapman and Hall. London, England. 258 pp.

Rebman. J. 1995. Biosystematics of *Opuntia* Subgenus *Cylindropuntia* (Cactaceae), the chollas of lower California, Mexico. Tesis de doctorado. Arizona State University.187 pp.

Rozema, J., P. Bijwaard, G. Prast y R. Bruekman. 1985. Ecophysiological adaptations of coastal halophytes from foredunes and salt marshes. *Vegetatio* 62: 499-521.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa, SA México, 432 pp.

Ricklefs, R. E. y D. Schluter. 1993. Species Diversity in Ecological Communities: Historical and Geographical Perspectives. University of Chicago Press. 414 pp.

Salinas, Z. C., A. C, Leyva, D. B. Lluch y E. R. Díaz .1990. Distribución geográfica y variabilidad climática de los regímenes pluviométricos en Baja California Sur, México. Atmósfera. 3:217-237.

Secretaría de Marina, 1983. La Paz y proximidades. Carta de navegación, escala 1:250 000.

Shreve, F. e I. L. Wiggins. 1964. Vegetation and flora of the Sonoran Desert. Two volumes. Stanford University Press.

Skyes, M. T, y J. B. Wilson. 1988. An experimental investigation into the response of some New Zealand sand dune species to salt spray. *Ann. Bot.* 62: 159-166.

Sneath. P. H A. y R. R. Sokal. 1973. Numerical Taxonomy. The principles and practice of numerical classification. W. H.. Freeman, San Francisco, CA. 573 pp.

Strasburger, E., F. Noll, Shenck y A. F. W. Shimper. 1993. Tratado de Botánica. Edit. OMEGA. Barcelona, España. 1068 pp.

The Plant Names Project (1999). International Plant Names Index. Publicado en Internet; http://www.ipni.org [accesada desde Junio del 2002].

Van der Maarel, E. 1982. Dunas costeras: Métodos multivariados. *Biotica* 7 (4): 527-532.

Van Devender, T. R. y A. Búrquez. 1997. Exotic plants in the Sonoran Desert Region, Arizona and Sonora. *In:. Proc. Symp. of California Exotic Pest Plant Council.*

Wiggins, I. L.1980. Flora of Baja California. Stanford University Press. Stanford, California.

Wilson, M. V. y A. Schmida. 1984. Measuring Beta diversity with presence-absence data. *J. Ecol*., 72:1055-11064.

Wilson, J. B. y M. T. Skyes 1999. Is zonation on coastal sand dunes determined primarily by sand burial or by salt spray? A test in New Zealand dunes. *Ecol. Lett.* 2: 233-236.

Whittaker, R. H. 1967. Gradient analysis of vegetation. *Biol. Rev*. 42:207-264.

Whittaker, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21(2-3): 213-251.

Zippin, D. B. y J. M. Vanderwier. 1994. Scrub community descriptions of the Baja California Peninsula, Mexico. *Madroño*. Berkeley, Calif.: *California Botanical Society*. 41 (2): 85-119.

Anexo 1

Listado Florístico

De acuerdo con El Sistema de Clasificación de Cronquist (1988) el listado de la flora Fanerogámica de El Mogote se organiza en dos grupos principales: Magnoliopsida y Liliopsida. A continuación se presentan alfabéticamente a las familias, géneros y especies. Cada registro contiene, en orden de aparición: el nombre científico del taxa, su forma de crecimiento y el nombre común en caso de ser de conocimiento popular.

Los colectores cuyos ejemplares se encuentran depositados en el Herbario Anetta Mary Carter son:

COLECTORES	HERBARIO
Reymudo Domínguez Cadena	HCIB Anetta Mary Carter
José Luis León de La Luz	HCIB Anetta Mary Carter
José Juan Pérez Navarro	HCIB Anetta Mary Carter
Jon P. Rebman	San Diego Natural History Museum
Blanca Estela Romero López	HCIB Anetta Mary Carter

MAGNOLIOPHYTA

MAGNOLIOPSIDA

AIZOACEAE

1. *Sesuvium portulacastrum* L., Hierba anual

AMARANTHACEAE

2. *Amaranthus watsonii* Standley, Hierba perenne, Quelite

ANACARDIACEAE

3. *Cyrtocarpa edulis* (Brandegee) Standley, Arbusto, Ciruelo cimarrón

ASCLEPIADACEAE

4. *Asclepias albicans* S. Wats, Arbusto, Canutillo
5. *Cynanchum peninsulare* S. F. Blake, Trepadora

ASTERACEAE

6. *Encelia farinosa* A. Gray, Arbusto, Incienso
7. *Palafoxia linearis* (Cav.) Lag. var. *glandulosa*, Hierba perenne
8. *Perityle crassifolia* Brandegee var. *robusta*, Hierba perenne
9. *Porophyllum gracile* Benth., Hierba perenne, Hierba del venado
10. *Xylothamia diffusa* (Benth.) Nesom, Arbusto, Hierba del pasmo,

AVICENIACEAE

11. *Avicennia germinans* (L.) L., Arbusto, Mangle negro

BATIDACEAE

12. *Batis marítima* L. Hierba perenne

BURSERACEAE

13. *Bursera epinnata* (Rose) Engler, Arbusto, Copal
14. *Bursera filicifolia* Brandegee, Arbusto. Copal o copalquín
15. *Bursera hindsiana* (Benth.) Engler, Arbusto, Copal
16. *Bursera microphylla* A. Gray, Arbusto, Torote rojo

CACTACEAE

17. *Cylindropuntia alcahes* (Weber) Knuth var. *alcahes* Rebman, Arbusto, Cholla. Clavelina
18. *Cylindropuntia cholla* (Weber) Knuth, Arbusto, Cholla
19. *Mammillaria* sp. Arbusto, biznaga
20. *Pachycereus pringlei* (S. Wats.) Britt. & Rose, Arbol, Cardón gigante
21. *Pachycereus schottii* (Engelm.) D. R. Hunt var. *australis* Brandegee. Arbusto, Garambullo
22. *Stenocereus gummosus* (Engelm.) A.C. Gibson, Arbusto, Pitaya agria
23. *Stenocereus turberi* (Engelm.) Buxbaum var. *thurberi,* Arbol*,* Pitaya dulce
24. *Wilcoxia striata* (Brandegee) Britt. & Rose, hierba perenne, Rajamatraca

CELASTRACEAE

25. *Maytenus phyllanthoides* Benth, Arbusto, Mangle dulce

CHENOPODIACEAE

26. *Allenrolfea occidentalis* (S.Wats.), Hierba perenne, Saladilla,
27. *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. subsp. macropoda, Hierba perenne, Costilla de vaca,
28. *Salicornia bigelovii* Torr., Hierba anual, Saladilla,
29. *Salicornia pacifica* Standley, Hierba perenne, Saladilla
30. *Salicornia subterminalis* Parish, Hierba perenne, Saladilla

COMBRETACEAE

31. *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. F., Arbol, Mangle blanco

CONVOLVULACEAE

32. *Ipomoea pes-caprae* (L.) R. Br., Hierba perenne

EUPHORBIACEAE

33. *Croton californicus* Muell. Arg. var. *californicus*, Hierba perenne
34. *Ditaxis serrata* (Torr.) Séller, Hierba anual.
35. *Euphorbia leucophylla* Benth. subsp. *comcaacorum* V. W. Steinm. & Felger, Hierba perenne, Golondrina
36. *Jatropha cinerea* (Ortega) Muell., Arbusto, Lomboy

FABACEAE

37. *Parkinsonia praecox* (Ruiz et Pavón), Arbol, Palo brea
38. *Dalea mollis* Benth. subsp. *mollis*, Hierba anual.
39. *Phaseolus filiformis* Benth, Hierba anual, Frijolito
40. *Prosopis articulata* S. Wats, Arbol, Mezquite
41. *Psorothamnus emoryi* (A. Gray) Rydb.var. *arenarius* (Brandegee) R.C. Barneby, Hierba perenne

FOUQUIERIACEAE

42. *Fouquieria diguetii* (Van Tieghem) I. M. Jun., Arbusto, Palo Adán

KRAMERIACEAE

43. *Krameria paucifolia* Rose, Arbusto, Mezquitillo

LAMIACEAE

44. *Hyptis laniflora* Benth, Arbusto, Salvia

LOASACEAE

45. *Mentzelia adhaerens* Benth, Hierba anual, Pega-ropa

LORANTHACEAE

46. *Phoradendron diguetianum* Van Tieghem, Parásita, Toji
47. *Phrygilanthus sonorae* S. Wats, Parásita.

MALVACEAE

48. *Hibiscus sp.*
49. *Sphaeralcea coulteri* (S. Wats), Hierba anual, Malva

MARTYNIACEAE

50. *Proboscidea altheaefolia* (Benth.) Decne, Hierba perenne, Espuela del diablo

NYCTAGINACEAE

51. *Abronia maritima* Nutt. subsp. marítima, Hierba perenne, Alfombrilla
52. *Allionia incarnata* L., Hierba anual, Macho

ONAGRACEAE

53. *Oenothera primiveris* A. Gray subsp. *primiveris*, Hierba perenne

PHYTOLACCACEAE

54. *Stegnosperma halimifolium* Benth, Arbusto, Amole

RHAMNACEAE

55. *Condalia globosa* I. M. Jhtn. var. *globosa*, Arbusto, Palo negrito

RHIZOPHORACEAE

56. *Rhizophora mangle* L., Arbol, Mangle rojo

SOLANACEAE

57. *Lycium andersonii* A. Gray, Arbusto, Frutilla
58. *Lycium brevipes* Benth, Arbusto, Frutilla
59. *Lycium fremontii* A. Gray var. *congestum*, Arbusto, Frutilla
60. *Physalis crassifolia* Benth. var. *crassifolia*, Hierba perenne, Tomatillo

LILIOPSIDA

AGAVACEAE

61. Agave datylio Simon var. *datylio,* Arbusto.
62. *Yucca valida* Brandegee, Arbol, Yuca

POACEAE

63. *Aristida californica* Thurb. var. *californica*, Hierba perenne, Zacate
64. *Aristida peninsularis* Hitchc., Hierba perenne, Zacate
65. *Bouteloua barbata* Lag. var. *barbata*, Hierba anual, Navajita
66. *Cenchrus incertus* L, Hierba anual, Zacate estrellita
67. *Chloris virgata* Sw. Hierba anual, Zacate
68. *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Willd., Hierba anual, Pata de pollo
69. *Jouvea pilosa* (Presl.) Scribn., Hierba perenne, Pasto salado
70. *Monantochloe littoralis* Engelm., Hierba perenne, Pasto salado
71. *Sporobolus pyramidatus* (Lam.) Hitchc., Hierba perenne, Pasto salado
72. *Sporobolus virginicus* (L.) Kunth, Hierba perenne, Pasto salado

Anexo 2

ALGUNOS TAXA RELEVANTES EN LA FLORA DE EL MOGOTE

a) Ciruelo cimarrón *Cyrtocarpa edulis:* Arbusto con tallos tortouosos-decumentes, es una modificación fisonómica de la forma arbórea distribuida ampliamente en el sur la península de BC.

b) Agave *Agave datylio* var. *datylio:* Variedad endémica de la Región del Cabo, se halla representado en El Mogote por una población ubicada en los primeros cordones de dunas.

c) Riñonina *Ipomoea pes-caprae*: Planta pionera que limita su distribución hacia el norte del Mar de Cortés en El Mogote, donde ocupa una reducida zona de playa.

d) Dátil *Yucca valida:* Especie endémica de la Región del Cabo, se halla representada solo por una pequeña población ubicada en los primeros cordones de dunas.

Anexo 5

Fisonomía de las asociaciones descritas

a) Pioneras (PION)

b) Dunas frontales (DF)

c) Dunas posteriores (DP)

d) Dunas posteriores del oeste (DPW).

Fisonomía de las asociaciones descritas

e) Matorral sarcocaule (MSC).

f) Salitral no inundable (SALS)

g) Salitral inundable (SALH)

h) Manglar interno (MANI)

h) Manglar externo (MANE)