



**Acta Botanica
Mexicana**

Análisis de la vegetación de las dunas costeras del estado de Jalisco, México

Analysis of the vegetation of the coastal dunes of the state of Jalisco, Mexico

Miguel Ángel Macías-Rodríguez^{1,4} , Fabio Albuquerque² , Joaquín Giménez de Azcárate³ 

Resumen:

Antecedentes y Objetivos: La vegetación de dunas costeras alberga plantas muy especializadas que son capaces de sobrevivir a adversidades como vientos fuertes, salinidad, altas temperaturas, escasez de agua dulce, enterramiento, inestabilidad del suelo y actividades antropógenas. Los ecosistemas costeros son considerados uno de los sistemas más dinámicos de la Tierra. Sus comunidades se presentan en México tanto en la vertiente del Golfo como en la del Pacífico. Las dunas costeras de la vertiente del Pacífico son las menos estudiadas. Los objetivos del presente trabajo fueron describir, analizar y clasificar las comunidades de vegetación de dunas costeras a lo largo del litoral del estado de Jalisco, a través del análisis de su composición, estructura, flora y zonificación, desde un punto de vista geobotánico con una perspectiva de conservación y manejo.

Métodos: Se siguió la metodología fitosociológica de la escuela sigmatista de Zürich-Montpellier, para realizar 90 inventarios en 36 playas diferentes. Los datos obtenidos en los inventarios se analizaron a través de los análisis de partición, métodos de agrupamiento y de escalamiento multidimensional no métrico.

Resultados clave: El número total de taxones reconocidos en el conjunto de los inventarios fue de 83. Los análisis de clasificación permitieron reconocer cuatro grupos vinculados a cada uno de los frentes dunares: 1) embrionario, 2) primario o frontal, 3) secundario y 4) terciario o paleodunar.

Conclusiones: Cada tipo de duna presenta características particulares, tanto estructurales como florísticas, que respaldan su clasificación y la zonificación desde un punto de vista geobotánico, ecológico y edáfico con una perspectiva de conservación y planificación.

Palabras clave: comunidades psamófilas, flora del occidente de México, plantas halófitas, vegetación de playas.

Abstract:

Background and Aims: Coastal dune vegetation houses highly specialized plants that are capable of surviving adversities such as strong winds, salinity, high temperatures, scarcity of fresh water, burial, soil instability, and anthropogenic activities. Coastal dunes ecosystems are considered one of the most dynamic systems on Earth. Their communities occur in Mexico on both the Gulf and Pacific sides. The coastal dunes vegetation of the Pacific slope are the least studied. The goals of this study were to describe, analyze and classify the coastal dune vegetation communities along the coast of the state of Jalisco, through the analysis of their composition, structure, flora, and zoning, from a geobotanical point of view with a conservation and management perspective.

Methods: The phytosociological methodology of the Zürich-Montpellier sigmatist school was followed to carry out 90 inventories on 36 different beaches. The data obtained in the inventories were analyzed through partition analysis, clustering and non-metric multidimensional scaling methods.

Key results: The total number of taxa recognized in the set of inventories was 83. The classification analyzes allowed us to recognize four groups linked to each of the dune fronts: 1) embryonic, 2) primary or frontal, 3) secondary and 4) tertiary or fossil dune.

Conclusions: Each type of dune presents particular characteristics, both structural and floristic, that support its classification and zoning from a geobotanical, ecological, and edaphic point of view with a conservation and planning perspective.

Key words: beach vegetation, flora of western Mexico, halophytic plants, psammophilous communities.

¹Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Departamento de Ciencias Ambientales, 45200 Zapopan, Jalisco, México.

²Arizona State University, College of Integrative Sciences and Arts, School of Applied Sciences and Art, 85212 Mesa, Arizona, Estados Unidos de América.

³Universidad de Santiago de Compostela, Departamento de Botánica, 27002 Lugo, España.

⁴Autor para la correspondencia: mmacias@cucba.udg.mx

Recibido: 23 de enero de 2024.

Revisado: 28 de febrero de 2024.

Aceptado por Marie-Stéphanie Samain: 29 de abril de 2024.

Publicado Primero en línea: 1 de julio de 2024.

Publicado: Acta Botanica Mexicana 131 (2024).

Citar como: Macías-Rodríguez, M. A., F. Albuquerque y J. Giménez de Azcárate. 2024. Análisis de la vegetación de las dunas costeras del estado de Jalisco, México. Acta Botanica Mexicana 131: e2308. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm131.2024.2308>



Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional).

e-ISSN: 2448-7589

Introducción

Las dunas costeras se han utilizado desde tiempos remotos para el desarrollo de la agricultura, actividades extractivas, complejos urbanos y turísticos, y extracción de arena (Martínez, 2008). Todas esas actividades inciden en la modificación de su estructura y en la eliminación o alteración de su flora, fauna y vegetación, lo que conlleva a una transformación del ecosistema que redundará en la degradación de sus funciones ambientales y protectoras (Martínez et al., 2014). La vegetación de dunas costeras (Miranda y Hernández X., 1963), también conocida como psamófila, e incluida en la denominada vegetación halófila (Rzedowski, 1978), constituye un tipo de vegetación heterogénea con diferencias de estructura y composición florística a lo largo de su distribución geográfica (latitud y longitud) y, por ende, de sus condicionamientos climáticos (Moreno-Casasola et al., 2014).

En México se han realizado diferentes tipos de estudios sobre la distribución de las plantas y las comunidades vegetales de las dunas costeras. Jiménez-Orocio et al. (2015) mencionan que 65% de las investigaciones publicadas sobre dunas costeras pertenecen a la región del Golfo de México y mar Caribe, especialmente en el estado de Veracruz, donde se han llevado a cabo la mayoría de ellas. Por otro lado, sólo 28% de los estudios abarcan las dunas del Pacífico, especialmente en la Península de Baja California (Johnson, 1977, 1982; Macías-Rodríguez, 1998; Peinado et al., 2005, 2007, 2008, 2011) y en la costa Pacífico sur (Rzedowski, 1978; Castillo-Campos et al., 1997; Ortiz-Pérez y de la Lanza-Espino, 2006; Salas Morales, 2007).

De los estados costeros de esta región, Jalisco es el que tiene una menor superficie de dunas costeras, sumando un total de 3034 ha (Seingier et al., 2009). Jiménez-Orocio et al. (2014) mencionan que las dunas de este estado se distribuyen de manera intermitente, situándose en su región central (municipio Tomatlán) las mayores representaciones, encontrándose estas en buen estado de conservación y tan solo fragmentadas por caminos vecinales y asentamientos humanos dispersos.

Los estudios registrados en ambientes dunares en Jalisco corresponden principalmente a Ordenamientos Ecológicos de la Costa Alegre (abarca cinco municipios costeros: Puerto Vallarta, Cabo Corrientes, Tomatlán, La Huerta

y Cihuatlán (INE, 1994a)) y de la región Puerto Vallarta - El Tuito (municipios Puerto Vallarta y Cabo Corrientes (INE, 1994b)). En la isla Cocinas, Bahía de Chamela, municipio de La Huerta, Ramírez-Delgadillo (2006) reportó comunidades de acantilados y dunas costeras, siendo un área natural protegida. Jiménez-Orocio et al. (2014) realizaron un estudio para Jalisco; en él, abordan de una manera muy general el clima costero, el sistema hidrográfico, tipo de arena, su flora, el estado de conservación, su importancia biológica, problemática, y recomendaciones y planes de manejo. Espejel et al. (2017) llevaron a cabo un estudio sobre la flora en las playas y dunas costeras de México, en el que mencionan que Jalisco pertenece a la región florística Pacífico sur. Hernández-Ramos (2020) elaboró un análisis multitemporal de las dunas costeras del estado de Jalisco, en el cual presenta los cambios en el uso de suelo observados en la región de los cinco municipios costeros durante un periodo de 20 años. Asimismo, Macías-Rodríguez et al. (2019) realizaron la primera Flora ilustrada de dichos ambientes, en la cual presentaron las especies más representativas que albergan las comunidades vegetales en estos medios psamófilos. En la misma costa, Frías-Ureña et al. (2022) investigaron las dunas embrionarias y mencionaron que tres variables edáficas están relacionadas con la cobertura vegetal, siendo los responsables de la variabilidad del suelo. Además, Vargas-Lomelín et al. (2023) evaluaron el efecto de *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. en la modificación de las propiedades químicas y físicas del suelo en las dunas costeras primarias. Por último, Frías-Ureña (2023) investigó una secuencia de suelos en la costa de Jalisco y su relación con el relieve, el clima y la vegetación.

Al generarse muy poca información referente a comunidades vegetales costeras, y al ser la región Pacífico una de las regiones menos documentadas del país (Jiménez-Orocio et al., 2014), es crucial ampliar el estudio de la biodiversidad de las dunas costeras mexicanas. Por lo tanto, los objetivos del presente estudio fueron describir, analizar y clasificar las dunas costeras a lo largo del litoral jalisciense, a través del análisis de su composición, estructura, flora y zonificación desde un punto de vista geobotánico, ecológico y edáfico con una perspectiva de conservación y manejo. De forma complementaria se aborda la diversidad florística, fitocenótica y su nivel de ocupación en el sistema dunar.



Materiales y Métodos

Área de estudio

El estado de Jalisco se localiza en la región Centro-Occidente de la República Mexicana. Su litoral se sitúa entre las desembocaduras de los Ríos Ameca, al norte, y Marabasco o Cihuatlán, al sur, entre las coordenadas $20^{\circ}40'29.0''\text{N}$, $105^{\circ}17'08.5''\text{W}$ y $19^{\circ}08'54.65''\text{N}$, $104^{\circ}35'24.14''\text{W}$. La distancia entre ambos puntos es de 350.7 km (INEGI, 1999). De norte a sur los municipios litorales son Puerto Vallarta, Cabo Corrientes, Tomatlán, La Huerta y Cihuatlán (Fig. 1).

El área de estudio pertenece a la unidad morfotectónica costera VIII de la vertiente Pacífico Tropical o región D, que comprende desde Puerto Vallarta, Jalisco, hasta Tehuantepec, Oaxaca (de la Lanza-Espino, 2004). Asimismo, en el inventario costero de México se incluye en la Región Costa Suroccidental del Pacífico Mexicano (Ortiz-Pérez y de la Lanza-Espino, 2006). Su litoral se caracteriza por la alternancia de costas bajas y de costas de acantilados: las primeras se corresponden con las llanuras fluviales asociadas a los ríos, las cuales han dado lugar a la formación de amplias

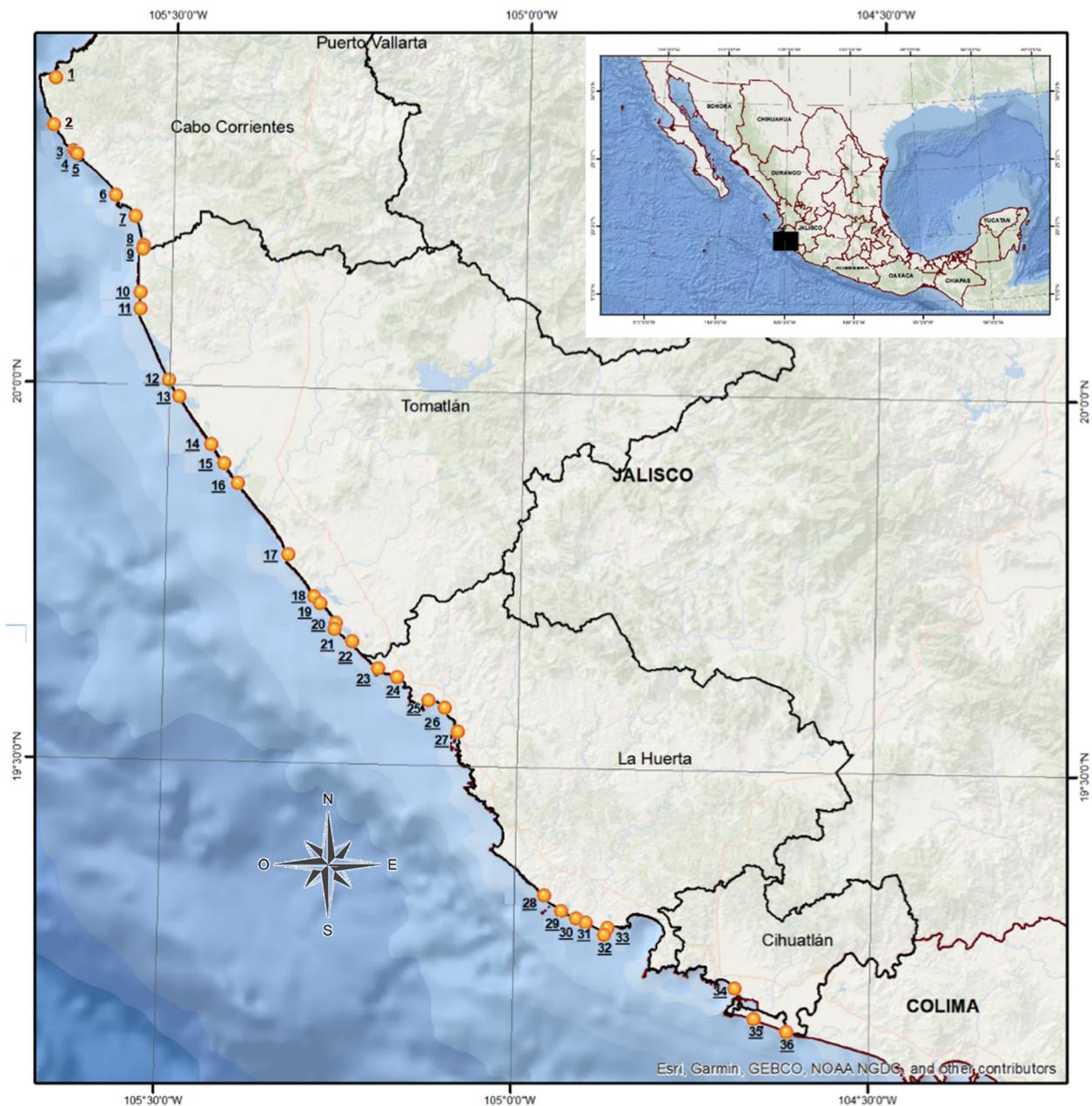


Figura 1: Área de estudio en Jalisco, México. Los números corresponden a cada uno de los sitios muestreados (ver Cuadro 1).

bahías limitadas por cabo, los segundos presentan relieves más o menos abruptos que pueden albergar pequeñas bahías (Barrera, 2006).

Los suelos se clasifican como arenosoles, caracterizados por carecer de horizontes diferenciados, por un contenido de materia orgánica menor a 1%, un contenido de arcilla y limo menor al 5%, una capacidad de intercambio catiónico menor a 3 cmol (+) y un pH menor de 6 (IUSS Grupo de Trabajo WRB, 2007). Los colores tienen una gama desde el rosa amarillento (suelos de la porción septentrional) al gris muy oscuro (porción meridional) en relación con el contenido de magnetita, con valores hasta de 20% (Frías-Ureña, 2023).

Desde el punto de vista climático, la mayor parte de este territorio costero pertenece a los climas semiárido-cálido BS1(h')w y cálido Aw0, además de registrarse la variante más húmeda Aw2 hacia la porción norte y Aw1 hacia la sur (Ruiz-Corral et al., 2021). Considerando el enfoque bioclimático, la franja litoral estudiada pertenece en su totalidad al macrobioclima Tropical, estando representado el bioclima Xérico con los pisos Infratropicales Seco y Semiárido y Termotropical Seco en la mayor parte del territorio y el Bioclima Pluviestacional, con los pisos Infratropical y Termotropical subhúmedos, principalmente en su región septentrional, hacia Bahía de Banderas (Macías Rodríguez et al., 2014).

Selección de puntos de muestreo

Previo al trabajo de campo, se preseleccionaron las playas objeto de este estudio con base en 25 imágenes de satélite Spot-4 (Apéndice 1), proporcionadas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) de México bajo acuerdo de uso, con una resolución espacial de pixel mono-espectral de 10 m y pixel multiespectral de 20 m para observar la accesibilidad, presencia de vegetación dunar bien conservada y referencias de la literatura (Rzedowski y McVaugh 1966; INE, 1994a, b; INEGI, 1999; Barrera, 2006; Macías Rodríguez et al., 2014; Hernández-Ramos, 2020). Los muestreos de campo se efectuaron a lo largo de diez campañas durante 2017-2020, entre los meses de enero-febrero, mayo-julio y septiembre, tras un primer año de viajes de reconocimiento de las plantas vasculares en toda el área de estudio.

Las playas seleccionadas a lo largo de la costa del Pacífico fueron desde la playa Corralitos ubicada en la parte más septentrional, en el municipio Cabo Corrientes, hasta la playa más meridional, El Rebalito en el municipio Cihuatlán. Cabe mencionar que en el municipio Puerto Vallarta se evitaron los muestreos debido a que sus playas (Boca de Tomates, Los Muertos, Conchas Chinas, Mismaloya, etc.) están muy alteradas por las actividades antrópicas, y muchas veces carentes de vegetación. La misma situación se presentó en otras playas de diferentes municipios: La Huerta (Boca de Iguanas, La Manzanilla), Cihuatlán (Cuastecomates y Melaque). En otros casos el carácter privado de las playas Careyes y Teopa (municipio La Huerta) hizo que el acceso fuera restringido. Finalmente, 36 playas fueron consideradas apropiadas para efectuar los muestreos de su vegetación (Cuadro 1).

Tras el reconocimiento de cada playa, se efectuaron transectos perpendiculares a la línea de costa; en ellos se identificaron las diferentes bandas o cinturas de vegetación objeto de estudio. Las dunas se clasificaron de acuerdo con la propuesta de Ley-Vega de Seoane et al. (2007): embriónicas, primarias, secundarias y las dunas terciarias. Estas últimas no fueron muestreadas y no se incluyeron en el análisis debido a que tanto florística- como estructuralmente corresponden a bosques tropicales caducifolios, por lo que sólo se registraron el componente florístico y la estructura de las mismas para su descripción.

La información de referencia para abordar el análisis de la vegetación se obtuvo a partir de un total de 90 inventarios (relevés). Estos se efectuaron siguiendo las directrices de la metodología fitosociológica de la escuela sigmatista de Zürich-Montpellier (Westhoff y van der Maarel, 1973, 1978; Braun-Blanquet, 1979).

La elección de las áreas a muestrear siguió el criterio de área mínima de superficies florísticamente homogéneas (Westhoff y van der Maarel, 1978). Las áreas muestreadas se seleccionaron de acuerdo con la homogeneidad de las características físicas, fisonomía, estructura de la vegetación y dominancia de las especies. A lo largo de los transectos se reconocieron los cambios en la composición y en la topografía.

El análisis de vegetación comenzó con la elección de las parcelas en cada una de las bandas, siguiendo el enfoque



Cuadro 1: Diferentes tipos de dunas encontrados en cada uno de los 36 sitios de muestreo en el estado de Jalisco, México. Abreviaciones: ID=Identificador; N=Norte; W=Oeste; Embr=Embrionarias; Prim=Primarias; Secu=Secundarias; Terc=Terciarias.

ID	Sitios de muestreo	Localización		Tipo de dunas			
	Municipio Cabo Corrientes	Latitud (N)	Longitud (W)	Embr	Prim	Secu	Terc
1	Corrales	20°24'24.60"	105°40'19.26"		X		
2	Las Playitas	20°20'39.21"	105°40'25.62"	X	X		
3	Aquiles Serdán norte	20°18'37.38"	105°38'41.46"	X	X		
4	Los Naranjos	20°18'27.31"	105°38'29.70"	X	X		
5	Aquiles Serdán sur	20°18'23.16"	105°38'20.10"	X	X		
6	Maito	20°15'05.76"	105°35'00.21"	X	X	X	X
7	Hotel El Cielito (Las Villas)	20°13'29.74"	105°33'16.46"	X	X		
8	El Realito	20°11'09.90"	105°32'32.73"	X	X	X	
9	La Boquita	20°10'51.30"	105°32'33.60"	X	X		
Municipio Tomatlán							
10	Los Cocos	20°07'24.00"	105°32'45.20"	X	X		
11	San Carlos (Las Peñitas)	20°06'06.17"	105°32'42.49"	X	X	X	
12	Playón de Mismaloya I	20°00'26.61"	105°30'06.37"	X	X	X	
13	Playón de Mismaloya II	19°59'07.13"	105°29'14.00"	X	X	X	
14	La Gloria norte (Vicente Guerrero)	19°55'20.40"	105°26'24.45"	X	X	X	X
15	La Gloria sur	19°53'50.03"	105°25'16.86"	X	X	X	X
16	La Limonera	19°52'17.77"	105°24'07.63"	X	X		X
17	Las Peñitas II	19°46'40.33"	105°19'43.95"	X	X	X	
18	Las Peñitas I	19°43'21.08"	105°17'27.20"	X	X	X	
19	Chalacatepec norte I	19°41'16.88"	105°15'33.40"	X	X	X	
20	Chalacatepec norte II	19°42'50.04"	105°16'55.18"	X	X	X	X
21	Chalacatepec sur I	19°40'47.30"	105°15'38.80"	X	X	X	X
22	Chalacatepec sur II	19°39'49.40"	105°14'09.70"	X	X	X	X
Municipio La Huerta							
23	La Soledad	19°37'40.80"	105°11'55.40"	X	X		
24	Las Chachalacas	19°37'02.88"	105°10'18.84"	X	X	X	
25	Punta Pérula	19°35'13.30"	105°07'10.38"	X	X		
26	Chamela norte	19°34'39.36"	105°06'12.78"	X	X	X	
27	Chamela sur	19°32'46.44"	105°05'04.02"	X	X	X	
28	Playa Chica	19°19'48.74"	104°57'32.39"	X	X		
29	El Tecuán norte	19°18'35.38"	104°56'04.79"	X	X	X	X
30	El Tecuán sur	19°18'00.37"	104°54'46.43"	X	X	X	X
31	Tenacatita norte	19°17'42.10"	104°53'56.76"	X	X	X	X
32	Tenacatita sur	19°17'19.52"	104°52'09.63"	X	X		
33	Punta Tenacatita	19°16'47.06"	104°52'25.25"	X	X		
Municipio Cihuatlán							
34	Laguna del Tule	19°12'41.31"	104°41'20.62"	X	X		
35	Isla Navidad	19°10'16.13"	104°39'41.12"	X	X		
36	Ejido el Rebalsito	19°09'18.25"	104°36'54.54"	X	X		



denominado "muestreo subjetivo sin sesgo preconcebido" (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974). Dependiendo de los tipos de vegetación a muestrear, los tamaños de parcelas oscilaron entre 25 m², para algunas comunidades herbáceas, y hasta 100 m², para comunidades leñosas. Se procuró determinar las plantas en campo mediante la consulta del trabajo de Macías-Rodríguez et al. (2019). Cuando esto no fue posible, se colectaron los especímenes, para su posterior determinación en laboratorio. Los ejemplares de respaldo fueron depositados en el herbario "Luz María Villareal de Puga" (IBUG) de la Universidad de Guadalajara, cada uno con el nombre del colector y número de colecta. Sólo para el caso de las cactáceas no se colectaron, pero se tomaron fotografías de las especies, las cuales fueron identificadas por la especialista del herbario IBUG, la Dra. Hilda J. Arreola Nava (†). Las especies de cactáceas se refirieron a los números de sus colectas en la zona de estudio depositados en el herbario IBUG. Los nombres científicos de las especies se verificaron a través de las bases de datos de Taxonomic Name Resolution Sources (TNRS) (Boyle et al., 2013), Tropicos (TROPICOS, 2023) e International Plant Names Index (IPNI, 2023).

Análisis estadísticos

La información reunida en los relevés se analizó utilizando métodos numéricos y fitosociológicos para clasificar los diferentes tipos de dunas mediante un análisis de agrupación jerárquica, que se dividió en tres pasos: (1) determinación del número óptimo de grupos, (2) cálculo de la matriz de distancia y (3) definición de los grupos (clúster jerárquico) obtenido por Average Linkage Clustering (Euclidean distances) de 90 relevés de las dunas costeras de Jalisco. Para el primer paso, se aplicó un método de partición basado en el análisis de *K-means* a través de la función *fviz_nbclust* en R v. 4.2.1 (Kassambara y Mundt, 2020; R Core Team, 2022). La función *fviz_nbclust* permite identificar el número de grupos, un argumento fundamental para visualizar los grupos en el clúster jerárquico (paso 3). En seguida, se utilizó la función *vegdist* del paquete *vegan* v. 2.6-2 (Oksanen et al., 2022) para estimar disimilitudes a través de los inventarios y playas. A continuación, se utilizó el número óptimo de grupos obtenidos del paso 1 y la matriz de distancias de los inventarios (paso 2) para pro-

ducir un árbol del proceso de agrupamiento jerárquico. Para este último paso se aplicó la función *hclust* y el método *ward.D* (Murtagh and Legendre, 2014; R Core Team, 2022).

Posteriormente el análisis fue reforzado mediante el método de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS). El método NMDS es una técnica multivariante de interdependencia para datos que no son normales o que están en una escala discontinua o arbitraria (Legendre y Legendre, 2012). Específicamente, se utilizó la función *metaMDS* del paquete *vegan* (2.6-2) en el programa R v. 4.2.1 (Oksanen et al., 2022; R Core Team, 2022) para ejecutar el NMDS y para verificar las proximidades existentes entre objetos a través de distancias en un espacio de un número determinado de dimensiones (Legendre y Legendre, 2012). Por defecto, la función *metaMDS* utiliza la distancia de Bray-Curtis para calcular la matriz de disimilitud. Además, esta función permite ejecutar un escalamiento multidimensional no métrico con solución estable a través de inicios aleatorios (Oksanen et al., 2022). Ello con el fin de evidenciar las diferencias florísticas y estructurales entre las cinturas de vegetación representadas en las dunas.

Resultados

Flora

Dentro del componente florístico registrado a través de los muestreos, se encontraron 83 taxa pertenecientes a 71 géneros y 31 familias (Apéndice 2). En el Cuadro 1 se presentan los tres diferentes tipos de dunas registrados en cada uno de los 36 sitios muestreados. Cada uno de ellos presenta unas particulares características estructurales, florísticas y edáficas propias que respaldan la diferenciación ecológica y en donde un grupo de especies características le da un valor diferencial de cada tipo de duna.

Análisis estadístico (Dendrograma parte I)

Para conocer el número óptimo de grupos a considerar se realizó un análisis de partición, el cual mostró dos grandes bloques (Fig. 2). En el dendrograma se evidencia los diferentes sistemas dunares constituidos principalmente por dos grandes bloques (tipos de dunas) y once grupos (comunidades florísticas). El Bloque I está formado por

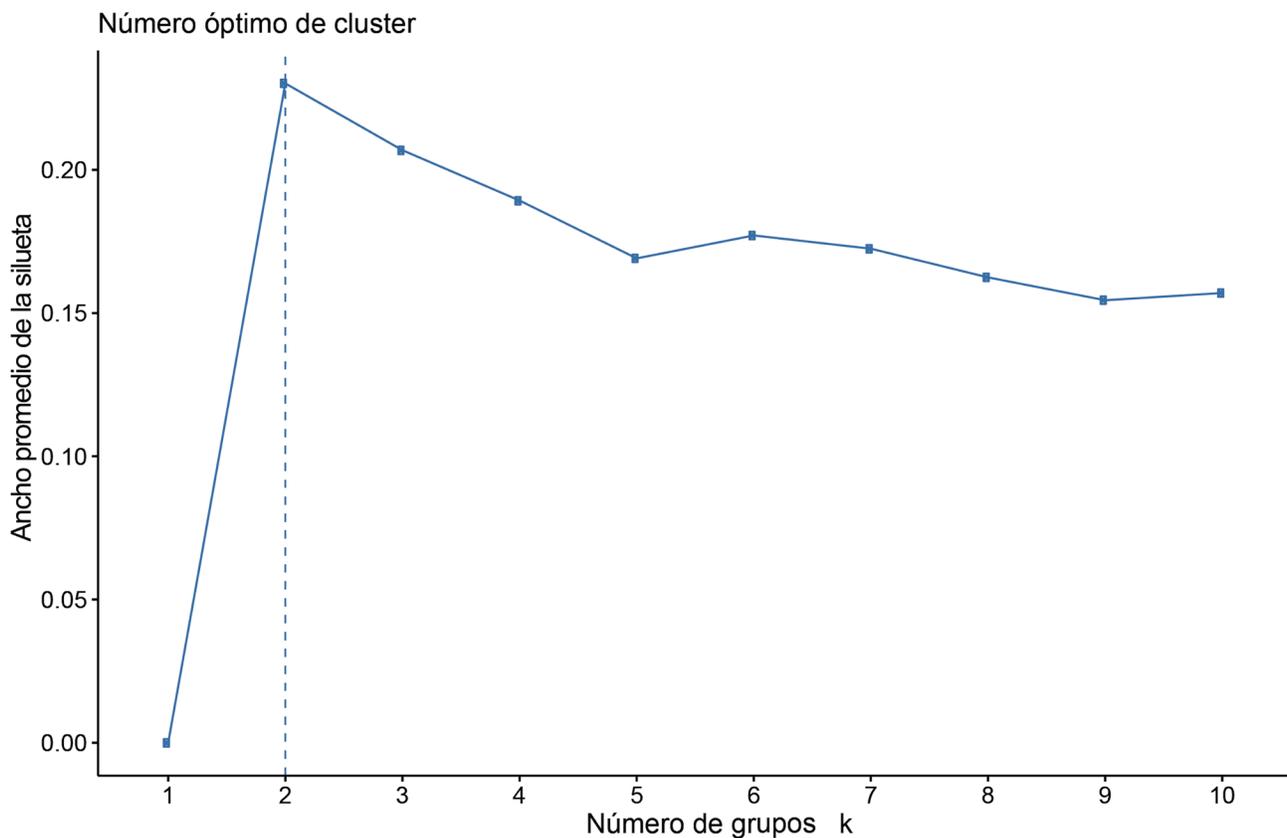


Figura 2: Gráfica del análisis de partición, que identifica los dos grandes grupos.

seis grupos, cinco de dunas primarias y uno de dunas secundarias. El Bloque II está integrado de dunas embrionarias con cinco grupos florísticos y las dunas terciarias con un solo grupo (Fig. 3). Tomando como base el orden del dendrograma se harán las siguientes descripciones de las comunidades vegetales.

Descripción de los grupos florísticos

En el Bloque I se presentan seis grupos con dos variantes florísticas o especies dominantes importantes. La primera variante florística es de *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. con cinco grupos de dunas primarias: Grupo I (*Stegnosperma cubense* A. Rich.), II (*Porophyllum punctatum* (Mill.) S.F. Blake), III (*Distichlis spicata* (L.) Greene). La segunda variante florística es de *Distichlis spicata* con tres grupos, dos grupos más de dunas primarias: IV (*Chamaecrista chamaecristoides* (Collad.) Greene) y V (*Ipomoea pes-caprae* (L.) R. Br.). Además, se puede observar un grupo de dunas secundarias: Grupo VI (*Stegnosperma cubense*, *Opuntia excelsa* Sánchez-Mej. y *Prosopis juliflora*) (Apéndice 3).

Dunas primarias

El Grupo I está conformado por 10 relevés, en los cuales *Prosopis juliflora* y *Stegnosperma cubense* son las especies preponderantes. Es una comunidad constituida principalmente de especies arbustivas de 1.5-2.5 m de alto, con una cobertura muy variable. Se presenta como áreas de diferentes tamaños. En las playas que no exhiben dunas embrionarias, las dunas primarias son las comunidades iniciales de la franja costera y estas se desarrollan en suelos arenosos más estables que las dunas embrionarias, por lo que la cantidad de materia orgánica es mucho mayor. Lo anterior resulta en una mayor diversidad de formas biológicas y florísticas.

Además de *Prosopis juliflora* y *Stegnosperma cubense*, se registraron otras especies arbustivas y enredaderas, como *Porophyllum punctatum* y *Morisonia flexuosa* L., respectivamente. Vinculadas a estos arbustos pueden aparecer algunas enredaderas del género *Passiflora* L. (*Passiflora foetida* var. *acapulcensis* Killip y *Passiflora holosericea* L.), *Entada polystachya* (L.) DC., *Paullinia*

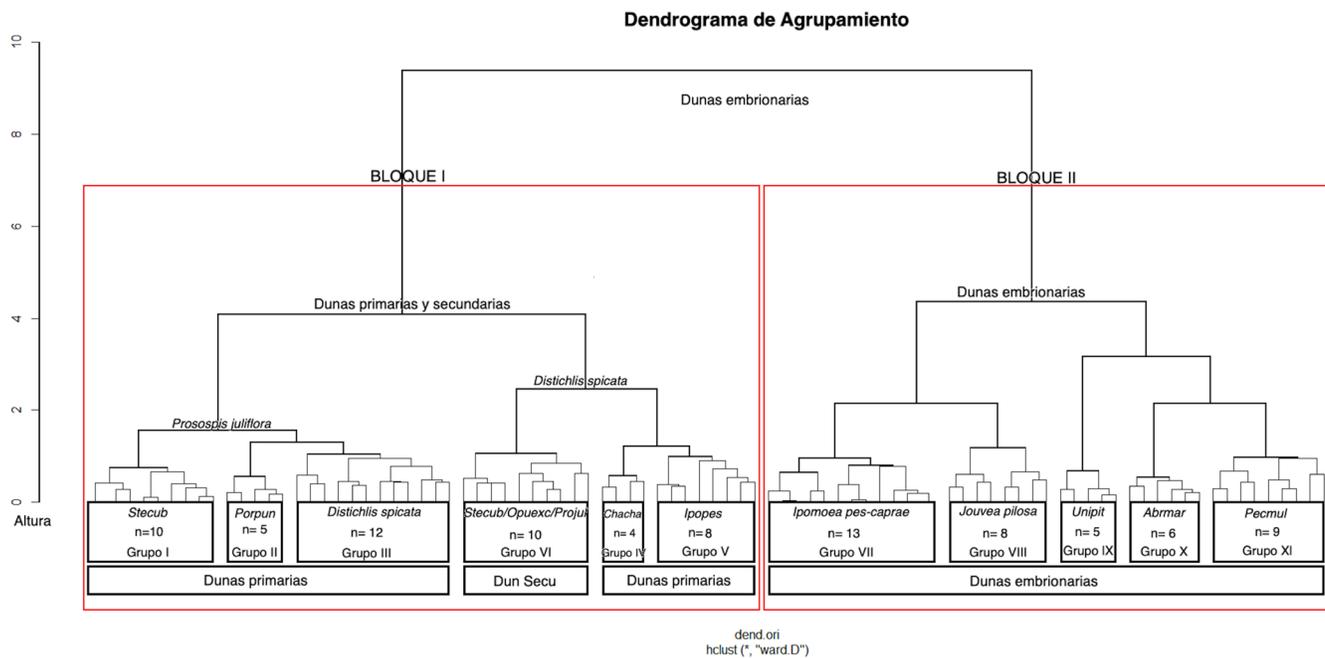


Figura 3: Dendrograma obtenido por Average Linkage Clustering (Euclidean distances) de 90 relevés de las dunas costeras de Jalisco, presentando 12 grupos florísticos en dos grandes bloques. Abreviaciones: n: número de relevés en cada grupo florístico. Stegcub: *Stegnosperma cubense* A. Rich.; Porpun: *Porophyllum punctatum* (Mill.) S. F. Blake; Stecub/Opuexc/Projul: *Stegnosperma cubense* A. Rich. /*Opuntia excelsa* Sánchez-Mej./*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.; Chacha: *Chamaecrista chamaecristoides* (Collad.) Greene; Ipopes: *Ipomoea pes-caprae* (L.) R. Br.; Abrmar: *Abronia maritima* Nutt. ex S. Watson; Unipit: *Uniola pittieri* Hack.; Dun secu: Dunas secundarias.

clavigera Schldl., *Antigonon leptopus* Hook. & Arn. y epífitas como *Tillandsia intermedia* Mez. En función de la topografía de la duna primaria y de su estado de conservación, la extensión de las áreas de este matorral costero puede variar. En cualquier caso, constituye la comunidad vegetal más representada a lo largo de las dunas costeras de Jalisco. Estas se observaron en Playa los Naranjos, Aquiles Serdán sur, Playón de Mismaloya I y II, Playa Chamela norte y Las Peñitas (Fig. 4A).

El Grupo II está conformado por cinco relevés, en los cuales, como mencionamos, destaca la presencia de *Prosopis juliflora*, formando comunidades vegetales muy heterogéneas, ya que se asocia con otras especies arbustivas, como *Porophyllum punctatum* (con una mayor densidad que en la comunidad anterior). En lugares cercanos a manglares crece con *Conocarpus erectus* L. y en las zonas con climas más secos aparecen *Opuntia excelsa*, *Stenocereus standleyi* (J.G. Ortega) Buxb. y *Coulteria platyloba* (S. Watson) N. Zamora. Esto hace que estas comunidades tengan una fisonomía diferente al grupo anterior, ya que también presentan una menor al-

tura y densidad, lo que hace que aparezcan una mayor cantidad de especies herbáceas, tales como *Ipomoea pes-caprae*, *Canavalia rosea* (Sw.) DC., *Zinnia maritima* Kunth y *Jouvea pilosa* (J. Presl) Scribn., así como la enredadera *Antigonon leptopus*. Estas dunas se pudieron registrar en Playa el Realito, La Soledad, Maito, Las Playitas, Aquiles Serdán sur, El Tecuán norte, San Carlos y Los Cocos, entre otras (Fig. 4B).

El Grupo III está conformado por 12 relevés. De igual forma destaca la presencia de *Prosopis juliflora*, pero con una menor densidad. Las comunidades aquí tienen una menor cantidad de especies arbustivas que los dos grupos anteriores, pero su componente florístico también es muy heterogéneo. Se registraron arbustos casi rastreros, entre ellos *Chamaecrista chamaecristoides*, *Chamaecrista hispidula* (Vahl) H.S. Irwin & Barneby y la herbácea *Tessiera lithospermoides* DC. Sin embargo, sobresale la cantidad de especies herbáceas, principalmente *Distichlis spicata* como especie dominante de este estrato, muchas veces con coberturas entre 70 y 90%. Por lo tanto, este grupo está definido por *Prosopis-Distichlis*, siendo esta característica la que

relaciona el análisis con los grupos anteriores. Además, hay presencia de otras especies herbáceas que muchas veces son codominantes: *Jouvea pilosa* e *Ipomoea pes-caprae*, *Acalypha microphylla* Klotzsch y *Zinnia maritima*. En algunas zonas con cierta perturbación aparecen las herbáceas *Cenchrus spinifex* Cav., *Euphorbia thymifolia* L., *Portulaca pilosa* L. y *Brachiaria distachyos* (L.) Stapf. Las playas en donde se registraron estas comunidades fueron La Gloria norte y sur, Chalacatepec norte y sur, Playa San Carlos y Tenacatita norte (Fig. 4C).

El Grupo IV está conformado por cuatro relevés, donde destaca la presencia de *Chamaecrista chamaecristoides* y *Distichlis spicata*, en algunos casos con la presencia de *Chamaecrista hispidula* y *Tessiera lithospermoides*. Cabe señalar que en esta comunidad sobresalen las especies codominantes herbáceas rastreras como *Jouvea pilosa* e *Ipomoea pes-caprae*, las cuales en muchos casos alcanzan varios metros de largo. Por lo anterior, sus coberturas son bastante abundantes, entre 60 y 90%. Aunque se registraron pocos relevés en este tipo de grupo a lo largo de la costa, las áreas son grandes, aunque en algunos sitios se presentan coberturas únicamente de *Chamaecrista chamaecristoides*. Además, otras especies herbáceas muchas veces también son codominantes: *Acalypha microphylla*, *Jouvea pilosa*, *Pectis multiflosculosa* (DC.) Sch. Bip., *Portulaca pilosa* L. y algunas veces arbustos y suculentas como *Porophyllum punctatum* y *Opuntia* spp. respectivamente. Las playas en donde se registraron estas comunidades fueron las Playas La Gloria norte y sur, y Chalacatepec norte y sur (Fig. 4D).

El Grupo V está conformado por ocho relevés. Estas comunidades se distinguen por existencia de *Ipomoea pes-caprae* y *Distichlis spicata*. Sin embargo, destaca la presencia de otras especies que le dan un aspecto particular al grupo por tratarse de pequeños arbustos de 1-2 m de alto de *Prosopis juliflora*, y árboles de 5 m de *Pithecellobium lanceolatum* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Benth. y *Stegnosperma cubense*, y algunas suculentas de pequeño tamaño como *Opuntia excelsa* y *Stenocereus standleyi*. Estas comunidades son las dunas primarias más distantes de las franjas costeras. Muchas veces se encuentran muy próximas a las dunas secundarias, por lo que su componente florístico es heterogéneo. En ocasiones dan la apariencia de un proceso de conversión de duna primaria a duna secundaria. Una vez que las dunas es-

tán más consolidadas y los arbustos tienden a transformarse en pequeños árboles, su cobertura es de un 80% y en algunos lugares de hasta 100%, comúnmente en contacto con el manglar, por lo que las dunas van cambiando su estructura y componente florístico a través del tiempo. Las playas en donde se encontraron estas comunidades fueron Isla Navidad, La Gloria norte, Punta Pérula, Tenacatita norte, Chalacatepec sur y Chamela norte (Fig. 4E).

Dunas secundarias

Finalmente, dentro del Bloque I, el Grupo VI corresponde a las denominadas dunas secundarias, conformado por 10 relevés. Estas dunas se ubican a sotavento de la franja de dunas primarias, formando una tercera cintura de vegetación. En estas, la incidencia de la maresía y de los vientos marítimos disminuye notablemente, a la par que los procesos edafogénicos. Vinculados a estas condiciones favorecen suelos más orgánicos, estructurados y estables; todo ello redundando en el establecimiento de otro tipo de comunidad vegetal. Resulta un matorral muy diverso, muchas veces casi impenetrable, constituido por arbustos como *Vachellia campechiana* (Mill.) Seigler & Ebinger y (aunque algunas veces aparece *Prosopis juliflora* que ya no es dominante) otras especies de cactáceas como *Opuntia* spp., *Acanthocereus tetragonus* (L.) Hummelinck y *Stenocereus standleyi*.

Corresponde fisionómicamente a un matorral espinoso costero, en donde se entremezclan algunos árboles de *Crataeva tapia* L., *Randia tetraacantha* (Cav.) DC. y *Coccoloba barbadensis* Jacq. Intercalados entre las especies anteriores hay arbustos de menor talla (entre 1 y 1.5 m), como *Hyperbaena ilicifolia* Standl., *Lantana camara* L., *Jatropha standleyi* Steyererm. y *Bursera excelsa* (Kunth) Engl. El estrato herbáceo es escaso y pocas veces alcanza una altura de 30 cm, debido al tipo de crecimiento rastrero que presentan sus componentes. Entre ellos destacan *Acalypha microphylla*, *Euphorbia hirta* L., *Distichlis spicata*, *Cenchrus ciliaris* L. y *Portulaca pilosa*. También aparecen algunas plantas enredaderas entre los diferentes estratos, como *Funastrum clausum* (Jacq.) Schltr. y *Entada polystachya*.

Algunas dunas secundarias, al estar más lejos de la línea costera y tener un suelo más desarrollado, permiten la actividad ganadera, pues son utilizadas como agostadero. Lo anterior se asocia con la aparición de especies indicadoras



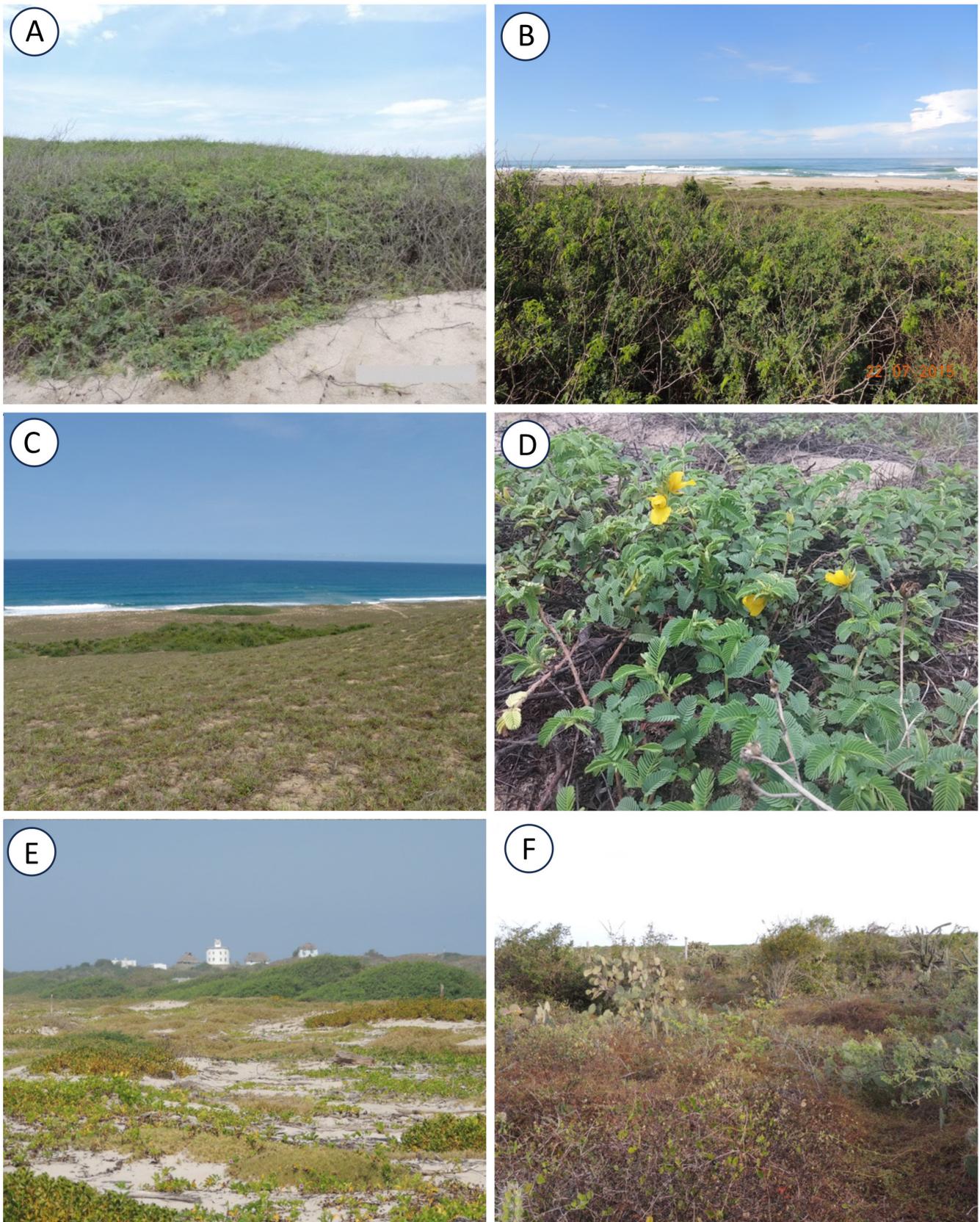


Figura 4: A. Grupo I. Dunas primarias (DP): *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. Playón de Mismaloya; B. Grupo II. DP de *Prosopis juliflora* (Sw.) DC.: *Porophyllum punctatum* A. Rich. Playa San Carlos; C. Grupo III. DP de *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. - *Distichlis spicata* (L.) Greene. Playa San Carlos; D) Grupo IV. DP de *Chamaecrista chamaecristoides* (Collad.) Greene. Playa La Gloria; E) Grupo V. DP con *Ipomoea pes-caprae* (L.) R. Br. y *Distichlis spicata* (L.) Greene. Playa Chalacatepec sur; F) Grupo VI. Dunas secundarias con *Opuntia excelsa* Sánchez-Mej., *Crataeva tapia* L., *Vachellia campechiana* (Mill.) Seigler & Ebinger y *Stenocereus standleyi* (J. G. Ortega) Buxb. Playa Chalacatepec sur (Fotos: M. Á. Macías).



de perturbación como *Euphorbia hirta*, *Portulaca oleracea* L., *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Trianthema portulacastrum* L., *Heliotropium indicum* L. y *C. ciliaris*, entre otras. Por lo anterior, la cantidad de relevés realizados en estas dunas fue menor. En algunos casos las comunidades eran impenetrables por lo denso de la cobertura y en otros casos ya estaban convertidas en potreros. Esta formación difiere del matorral anterior en su fisonomía, estructura, composición florística, mayor altura (puede alcanzar hasta 4-5 m) y en los requerimientos ecológicos. Algunas playas con estos tipos de dunas son Chalacatepec norte y sur, San Carlos, La Gloria, Las Chachalacas y El Realito (Fig. 4F).

Análisis estadísticos (Dendrograma parte II)

En el Bloque II, de dunas embrionarias, el dendrograma presenta los grupos VII, VIII, IX, X y XI, cada uno con su variante florística característica. Se reconocen por la presencia intermitente de montículos arenosos vegetados a lo largo del primer frente de playa. Las especies más representativas de este medio son plantas rastreras herbáceas como *Ipomoea pes-caprae*, *Jouvea pilosa*, *Uniola pittieri* Hack., *Abronia maritima* Nutt. ex S. Watson y *Pectis multiflosculosa*. En este agrupamiento se entremezclan algunos inventarios ubicados en los ambientes de dunas primarias. Su presencia aquí se justifica por la participación de *Ipomoea pes-caprae* y *Pectis multiflosculosa*, pese a que el resto del componente florístico difiere de los característicos ambientes embrionarios.

Dunas embrionarias

El Grupo VII está constituido por 13 relevés, en los cuales *Ipomoea pes-caprae* es la especie dominante. Puede presentarse en algunos lugares como única especie o se asocia otras veces con otras plantas, codominando con *Okenia hypogaea* Schlttdl. & Cham., *Jouvea pilosa* y *Canavalia rosea*. Esta comunidad vegetal está representada por una a tres especies. Sin embargo, en lugares con cierta perturbación el componente florístico puede aumentar presentándose además de las anteriores, *Portulaca pilosa*, *Waltheria indica* L., *Nicotiana glauca* Graham y *Cleome viscosa* L. Se registraron en las playas de Aquiles Serdán norte, El Tecuán sur, Tena-catita, Chalacatepec sur y Los Cocos, entre otras (Fig. 5A).

El Grupo VIII está conformado por ocho relevés. *Jouvea pilosa* es la especie característica de este conjunto. Al igual que en el grupo anterior, esta especie puede aparecer como única planta con coberturas mayores a 90%, pero es más común verla asociada a *Pectis multiflosculosa* y *Okenia hypogaea* con coberturas de hasta 50%. En otras ocasiones asociadas a *Ipomoea pes-caprae* y *Canavalia rosea*, siendo en ambas variantes la especie con mayor cobertura. Cabe mencionar que muchas veces se registró dentro de las dunas primarias o en las dunas secundarias al igual que otras plantas rastreras, pero con bajas coberturas. Estas comunidades se observaron en las Playas Maito, Chamela, Playón de Mismaloya, El Tecuán norte y Chalacatepec sur (Fig. 5B).

El Grupo IX está constituido por dunas caracterizadas por la presencia de *Uniola pittieri*. Esta comunidad vegetal está conformada por cinco relevés. En todos ellos esta especie es dominante con valores altos de cobertura que van de 50 a 80%, debido a que forma grandes rizomas a lo largo de las playas. Aunque se presentan pocas especies, *Ipomoea pes-caprae* y *Abronia maritima* son las plantas que conforman este grupo. Pocas veces se observa *Canavalia rosea* y *Pectis multiflosculosa*. *Uniola pittieri* puede alcanzar alturas de hasta 3 m y forma comunidades muy cerradas lo cual impide el establecimiento de otras especies a su alrededor. Se presentan en las playas de Las Chachalacas, Playa Chica, Las Peñitas y Chalacatepec norte (Fig. 5C).

El Grupo X quedó formado por seis inventarios constituidos principalmente por *Abronia maritima*, con coberturas entre 40 y 70%. Se observó que muchas veces, cuando las comunidades vegetales están más conservadas, se asocia principalmente con *Ipomoea pes-caprae*, y en otras ocasiones con *Scaevola plumieri* (L.) Vahl, y teniendo un componente florístico bajo que va de dos a cuatro especies, además de *Canavalia rosea*, *Jouvea pilosa* y *Pectis multiflosculosa*. Sin embargo, en comunidades con cierto disturbio el componente florístico aumenta hasta el doble, en donde se registró *Physalis minuta* Griggs, *Brachiaria distachyos*, *Sesuvium portulacastrum* (L.) L. y *Cenchrus spinifex*. Se pueden observar en algunas playas poblaciones de *Scaevola plumieri*, formando montículos de arena de hasta 50 cm de alto que evitan el impacto excepcional del oleaje. En ocasiones, y debido al impacto directo del mismo,



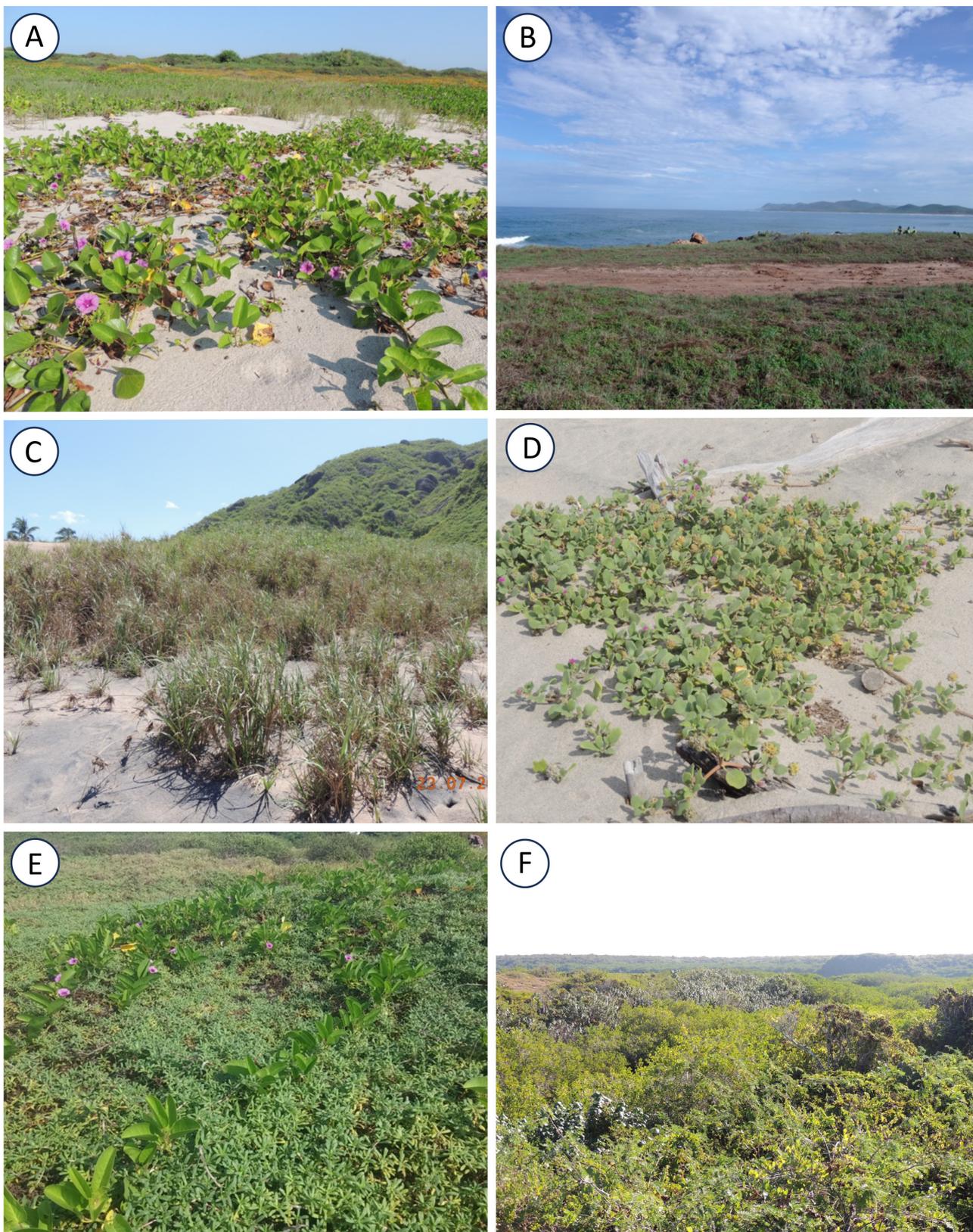


Figura 5: A. Grupo VII. Dunas embrionarias (DE) con *Ipomoea pes-caprae* (L.) R. Br. Playa Chalacatepec Sur; B. Grupo VIII. DE con *Jouvea pilosa* (J. Presl) Scribn. El Playón de Mismaloya; C. Grupo IX. DE con *Uniola pittieri* Hack. Playa Chalacatepec Norte; D. Grupo X. DE con *Abronia maritima* Nutt. ex S.Watson. Playa Chalacatepec sur; E. Grupo XI. DE con *Pectis multiflosculosa* (DC.) Sch. Bip. e *Ipomoea pes-caprae* (L.) R. Br. Punta Pérula; F. Dunas costeras terciarias estabilizadas (paleodunas), transformadas en bosque tropical caducifolio, *Cenostigma eriostachys* (Benth.) Gagnon & G.P. Lewis, *Couleria platyloba* (S. Watson) N. Zamora, *Cordia elaeagnoides* DC., *Lysiloma divaricatum* (Jacq.) J.F. Macbr., *Opuntia* sp. y *Randia aculeata* L. Playa La Gloria norte (Fotos: M. Á. Macías).

algunos componentes de la comunidad llegan a desaparecer, por lo que también podrían calificarse estas comunidades como efímeras o intermitentes. Estas se registraron en las playas de Chalacatepec norte y sur, San Carlos y Las Peñitas I (Fig. 5D).

En el Bloque de las dunas embrionarias, por último tenemos el Grupo XI, donde la especie *Pectis multiflosculosa* es parte importante de la cobertura y composición florística. Aunque no es la especie dominante, sí se presentó en los nueve relevés que conforman el grupo. En algunos casos codomina con *Distichlis spicata* y en otras ocasiones con *Ipomoea pes-caprae*. Otras especies asociadas a este grupo fueron *Abronia maritima*, *Proboscidea althaeifolia* (Benth.) Decne., *Scaevola plumieri* y *Okenia hypogaea*. Cabe mencionar que también son comunidades con pocas especies y bajas coberturas. Este grupo es presente en las playas de Punta Pérula, La Gloria norte y sur, Tenacatita sur, Chamela norte y Chalacatepec sur (Fig. 5E).

Dunas terciarias o paleodunas

Finalmente, las dunas más estabilizadas corresponden con las denominadas paleodunas, o dunas terciarias, las cuales presentan un tipo de vegetación más de carácter forestal. En ellas únicamente se identificaron los principales componentes florísticos y sus características estructurales, por lo que no fueron consideradas en el análisis estadístico de la vegetación dunar. Su situación alejada de la influencia marítima, junto con las condiciones ambientales propias de las zonas de trasduna, favorecen el desarrollo de un tipo particular de bosque tropical caducifolio o bosque tropical subcaducifolio, semejante al de tierra adentro, pero más bajo y menos diverso. El matiz que la cercanía de la costa le confiere, se traduce en un microbosque de 2-4 m de alto, el cual tiende a ser mayor conforme se va alejando de la costa. Asimismo, la densidad arbórea también tiende a aumentar hacia tierra adentro. Sus especies más representativas son *Achatocarpus gracilis* H. Walter, *Amphyterigium adstringens* (Schltdl.) Schiede ex Standl., *Apoplanesia paniculata* C. Presl, *Bursera simaruba* (L.) Sarg., *Cenostigma eriostachys* (Benth.) Gagnon & G.P. Lewis, *Coulteria platyloba*, *Libidibia sclerocarpa* (Standl.) Britton & Rose, *Ceiba aesculifolia* (Kunth) Britten & Baker f., *Cordia elaeagnoides* DC., *Gyrocarpus jatrophifolius* Domin, *Heliocarpus terebinthinaceus* (DC.) Hochr., *Lysiloma*

divaricatum (Jacq.) J.F. Macbr., *Lonchocarpus constrictus* Pittier, *Piscidia carthagenensis* Jacq., *Randia aculeata* L. y algunas suculentas arborescentes como *Pachycereus pecten-aboriginum* (Engelm. ex S. Watson) Britton & Rose y *Opuntia excelsa* (Fig. 5F). Por lo tanto, esta formación se puede considerar como una fasciación de carácter transicional del bosque tropical caducifolio hacia ambientes psamófilos de trasduna donde la influencia marítima comienza a incidir en su estructura y porte. Esta comunidad se registró en las playas La Gloria, San Carlos y Chalacatepec sur.

Análisis estadístico multidimensional

El análisis de escalamiento multidimensional no métrico identificó las diferencias entre las comunidades vegetales que cubren las dunas. En la Figura 6 se observa tres agrupaciones principales de inventarios. Así las comunidades de dunas embrionarias (o) se agrupan florísticamente por las especies pantropicales *Ipomoea pes-caprae*, *Jouvea pilosa*, *Abronia maritima*, *Pectis multiflosculosa* y *Uniola pittieri*. En este agrupamiento se entremezclan algunos inventarios ubicados en los ambientes de dunas primarias. Su presencia

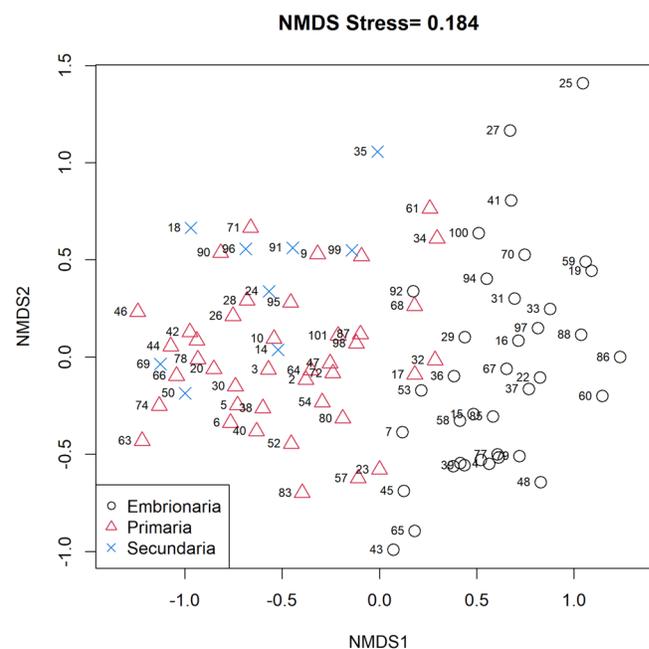


Figura 6: El análisis estadístico llevado a cabo a través del método de escalamiento multidimensional no métrico (NMFDS) muestra las tres agrupaciones o comunidades vegetales que se separan claramente por sus características florísticas y estructurales.

aquí se justifica por la participación de *Ipomoea pes-caprae* y *Pectis multiflosculosa*, pese a que el resto del componente florístico difiere del característico de los ambientes embrionarios. Las especies más representativas en las comunidades que se encuentran constituidas por la vegetación de dunas primarias (Δ) son *Prosopis juliflora* y *Distichlis spicata*, con sus grupos florísticos, de *Stegnosperma cubense* y *Porophyllum punctatum*. Las especies características de las comunidades representadas por las dunas secundarias (\times) son *Opuntia excelsa*, *Crataeva tapia*, *Coccoloba barbadensis*, *Stenocereus standleyi*, *Hyperbaena ilicifolia*, *Tessiera lithospermoides* y *Vachellia campechiana*.

Discusión

Descripción general de la costa de Jalisco

Este es el primer trabajo sobre el análisis de la vegetación de dunas costeras en el estado de Jalisco. Aunque ya se han realizado algunos otros trabajos en el Pacífico (Johnson, 1977, 1982; Macías-Rodríguez, 1998; Peinado et al., 2005, 2006, 2007, 2008, 2011; Ortiz-Pérez y de la Lanza-Espino, 2006), en ninguno de ellos se enfocó de manera particular la vegetación de dunas de Jalisco. La información recopilada sobre la vegetación dunar permite establecer, a lo largo de la costa del estado, un patrón de distribución intermitente y disperso, vinculado a la presencia de playas en buen estado de conservación, tal como ya señalan Jiménez-Orocio et al. (2014). Pese a ello, se han identificado notables contrastes en cuanto a su estado de conservación. Así, al norte del área de estudio (municipio Puerto Vallarta), Ramírez Delgadillo y Cupul Magaña (1999), en la Bahía de Banderas que comparte con Nayarit y Jalisco, reportan dentro de la vegetación de dunas costera *Ipomoea pes-caprae*, *Distichlis spicata* y *Prosopis juliflora*, que desafortunadamente se encuentran en pequeños manchones debido a su devastación por la construcción de terraplenes para la cimentación de construcción urbana. Ya en Jalisco, la playa de Boca de Tomates se encuentra alterada, habiendo desaparecido en buena medida sus comunidades vegetales naturales, viéndose esta remplazada, en el mejor de los casos, por vegetación ruderal de carácter nitrófilo y/o secundaria. Esta situación es extensible al resto de playas del municipio (Playa de los Muertos, Conchas Chinas, Amapas, Mismaloya), siendo algunas de ellas de naturaleza pedregosa. Continuando ha-

cia el sur, en el municipio de Cabo Corrientes, se presentan bahías (Playa las Animas, Quimixto y Yelapa), las cuales, al igual que las playas de Puerto Vallarta, son pequeñas y rocosas.

El municipio Tomatlán, que es el más grande de los municipios costeros de Jalisco, ubicado en su porción central, es el más representativo al albergar las mayores superficies dunares. A partir de Ipala (Cabo Corrientes) hasta Chalacatepec (Tomatlán) se extienden extensas playas, con su cordón de dunas, y separadas por promontorios rocosos tal como lo mencionan Jiménez-Orocio et al. (2014). Estas dunas presentan un estado de conservación óptimo, debido al aislamiento de sus playas con respecto a zonas urbanas y carreteras, ya que solo existen caminos vecinales y asentamientos humanos dispersos. Las dimensiones de estas playas han servido para que localmente se les denomine playones; en muchas de estas playas se localizan los principales campamentos tortugueros de la costa de Jalisco: Maito (municipio Cabo Corrientes), La Gloria norte y sur, Mismaloya y Chalacatepec norte (municipio Tomatlán).

Más al sur, en el municipio de La Huerta se encontraron playas que se pueden agrupar en dos categorías: muy perturbadas o escasa presencia de vegetación natural (Boca de Iguanas y La Manzanilla) o bien conservadas (Careyes, Teopa, Las Alamandas). Estas últimas son favorecidas, por un lado, por su inclusión en la Reserva de la Biosfera de Chamela-Cuixmala, y por otro, al carácter privado que permite la preservación de sus ecosistemas por parte de los hoteles. A ello hay que añadir el óptimo estado de conservación que muestran sus ecosistemas ya que muchas dunas se entremezclan rápidamente con las selvas circundantes y vegetación acuática.

Siguiendo al sur del estado, en el municipio de Cihuatlán, la costa nuevamente se torna rocosa y las escasas playas (Melaque, Cuastecomates, Barra de Navidad y Playa Isla Navidad) presentan angostos cordones de dunas frontales (Jiménez-Orocio et al., 2014), en donde ha desaparecido la vegetación dunar original.

A pesar de lo mencionado por Jiménez-Orocio et al. (2014), que la mayoría de las dunas de Jalisco están bien conservadas, con base en el componente florístico registrado podemos mencionar que no todas están bien preservadas ya que se encontraron en la mayoría de ellas,



algunas gramíneas ubicuistas. En las dunas más alteradas, *Brachiaria distachyos*, *Cenchrus ciliaris*, *Cenchrus spinifex*, *Cynodon dactylon* y *Melinis repens* (Willd.) Zizka, siendo las especies más frecuentes.

Flora

Aunque no fue el objetivo el realizar un estudio florístico del área de estudio, se revisaron algunos trabajos florísticos realizados en otras áreas como por ejemplo Moreno-Casasola et al. (1998). Estos autores reportan para las costas de México un total de 1638 taxa, de las cuales 24 taxa se comparten entre ambas vertientes, de las 83 especies registradas en este trabajo se representa un 5% del total de la flora registrada en ambos litorales (Apéndice 2).

En un estudio más reciente, Espejel et al. (2017) registran 2075 especies para los ambientes costeros en México, de las cuales sólo 60 se encuentran en el presente trabajo, lo que representa 2.9% de la flora dunar de México para este caso. Cabe destacar que 23 especies no están reportadas dentro del trabajo de Espejel et al. (2017), como *Acalypha microphylla*, *Brachiaria distachyos*, *Stenocereus standleyi*, *Tillandsia intermedia* entre otras (ver Apéndice 2). Esto podría deberse a que en el trabajo de Espejel et al. (2017) no se consultó el Herbario IBUG de la Universidad de Guadalajara y concuerda con Jiménez-Orocio et al. (2014), en que la región Pacífico sur es de las menos estudiadas del país.

Diversos estudios realizados en la costa del Atlántico reportan los mismos tipos de dunas registradas en este trabajo, tanto desde el punto de vista estructural como de formas biológicas, pero con un componente florístico diferente. Sin embargo, algunos taxa se comparten. Por ejemplo, en las dunas embrionarias se reportan *Ipomoea pes-caprae*, *Scaevola plumieri*, *Okenia hypogaea* y *Abronia maritima*; en las dunas primarias *Prosopis juliflora*, *Porophyllum punctatum*, *Canavalia rosea* y *Chamaecrista chamaecristoides*; y en las secundarias *Coccoloba barbadensis*, *Lantana camara*, *Morisonia flexuosa* L., *Opuntia* sp. y *Randia* sp. (Moreno-Casasola y Espejel, 1986; Castillo y Moreno-Casasola, 1998)

A pesar de que algunos de los estados de México ya cuentan con un conocimiento muy avanzado de su flora, llama la atención, por ejemplo, que en la península de Baja California, todavía siguen presentándose novedades florís-

ticas. En estos ambientes costeros se han registrado nuevos taxones como *Portulaca californica* D. Legrand (Ocampo y Columbus, 2008), *Bidens cabopulmensis* León de la Luz & B.L. Turner (León de la Luz y Medel-Narváez, 2013), *Cyrtocarpa edulis* (Brandege) Stanley var. *glabra* León de la Luz & Pérez Navarro y *Bursera littoralis* León de la Luz & Pérez Navarro (León de la Luz y Pérez-Navarro, 2007; 2010). Hasta en Veracruz, que es una de las zonas mejor estudiadas del país, se describió *Casearia gueverana* Castillo-Campos & Abreo (Castillo-Campos y Medina-Abreo, 2003). Por lo tanto, podríamos esperar un registro mayor de nuevas especies en las costas de Jalisco, y en la porción occidental de México, ya que se encuentra entre las menos conocidas en cuanto a flora y vegetación (Rzedowski y McVaugh, 1966).

En otros trabajos florísticos registrados en la costa del Pacífico, especialmente en Oaxaca, en el Parque Nacional Huatulco, Castillo Campos et al. (1997) y Salas Morales et al. (2007) reportan ocho diferentes tipos de vegetación. Entre ellos están las dunas costeras, las cuales están constituidas de muchas de las especies registradas en el presente trabajo, tales como *Ipomoea pes-caprae*, *Jouvea pilosa* en las franjas a orillas del mar y en el segundo cinturón o dunas primarias, hierbas anuales entremezcladas con algunos arbustos pequeños como *Bursera excelsa*, *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. y *Prosopis juliflora*. Mencionan otro tipo de vegetación como matorral de dunas costeras sobre suelos arenosos (Castillo-Campos et al., 1997) o selva baja caducifolia espinosa (Salas Morales et al., 2007), lo que correspondería a las dunas primarias del grupo I, en este caso constituidas también por *Prosopis juliflora* y *Vachellia campechiana* acompañadas por algunas cactáceas como *Opuntia tehuantepecana* (Bravo) Bravo y *Pereskiaopsis kellermanii* Rose. Las especies registradas dentro de las dunas terciarias o paleodunas denominada selva baja caducifolia costera (Castillo-Campos et al., 1997) son en su mayoría las mismas especies, tales como *Lysiloma divaricatum*, *Bursera excelsa*, *Cordia elaeagnoides* y *Piscidia carthagenensis*. No es raro encontrar estas similitudes florísticas entre estas selvas, ya que, como lo menciona Rzedowski (1978), esta comunidad vegetal se desarrolla desde Sonora hasta Centroamérica, penetrando después de Sinaloa por la planicie costera, con frecuencia en contacto directo con el litoral.

A pesar de que muchos autores indican que la región costera del Pacífico Sur ha sido poco estudiada (Rzedowski y McVaugh, 1966; Ortiz-Pérez y de la Lanza-Espino, 2006; Jiménez-Orocio et al., 2014), Moreno-Casasola (2004) menciona que por su longitud y heterogeneidad ambiental el Pacífico es más rico en especies de angiospermas que el Atlántico. En este último se conocen 706 especies de 97 familias y en el Pacífico, 1133 especies y 125 familias con un índice de disimilitud de 0.30, principalmente porque comparten especies de afinidad pantropical, así como numerosos árboles y arbustos de selvas bajas y subperennifolias que se encuentran en sustratos arenosos en ambos litorales bajo condiciones climáticas semejantes. Por lo tanto, si hiciéramos un estudio florístico más específico de esta región probablemente los números de las especies podrían aumentar de manera considerable, conforme se visiten otros puntos de la costa del Pacífico.

Dunas embrionarias

En este tipo de dunas predominan pocas especies, las cuales son principalmente herbáceas postradas con tendencia a enterrarse por la fuerza del viento sobre la arena, lo cual lleva a que haya poca materia orgánica en los suelos, nula o baja humedad, cobertura vegetal escasa y fluctuaciones de temperatura. En general las condiciones ambientales son drásticas por lo que pocas especies están adaptadas a vivir aquí (Moreno-Casasola, 2004). Los grupos de las dunas embrionarias están formados por especies pioneras, halonitrófilas, que colonizan suelos inestables que tienden a estabilizarse a medida que se instalan y se asientan en dicha comunidad. Este proceso remata en el tiempo con la destrucción de la misma, asociado a eventos mareales extremos como huracanes y mareas vivas.

En este trabajo se observó que las especies de dunas embrionarias suelen ser capaces de soportar mejor las condiciones abióticas adversas que otras especies, tal como lo mencionan Ripley y Pammenter (2008) y Lee et al. (2020). Este tipo de dunas tan solo se ha observado en las playas mejor conservadas y con poca incidencia antrópica en la zona. Las especies registradas *Abronia maritima*, *Okenia hypogaea*, *Pectis multiflosculosa*, *Uniola pittieri* y *Scaevola plumieri* son exclusivas de dunas embrionarias y se consideran pioneras en la colonización de dunas, que son capa-

ces de lidiar con ambientes poco favorables según Gilbert et al. (2008), al formar el Grupo II dentro del dendrograma. Su cobertura vegetal en general es muy baja (en torno a menos de 25%) y discontinua, y está condicionada por las estrategias vitales de sus especies (agrupamientos poblacionales, formación de estolones, raíces rastreras, etc.), lo que conlleva una distribución heterogénea, con poblaciones aisladas y dispersas.

En este trabajo se registraron cinco grupos de dunas embrionarias con distintas variantes florísticas y distintas coberturas. Estas diferencias pueden estar relacionadas con la gran diversidad de topoformas, encontradas a lo largo de las costas de Jalisco, ya que dentro de lo observado en campo es muy heterogénea climática y edáficamente.

Dunas primarias

Las dunas primarias aparecen posteriores a la franja de dunas embrionarias, en las zonas topográficamente más favorables, como una segunda cintura vegetacional. En este tipo de duna las plantas raramente se ven afectadas por las acometidas directas del mar, lo que facilita la estabilización del sustrato y la consolidación de la vegetación. Su comunidad vegetal asociada se puede estructurar en dos estratos bien diferenciados que pueden o no solaparse en función de la topografía y los vientos dominantes; por un lado, un estrato herbáceo en las zonas protegidas de los vientos marítimos dominantes, y por otro lado se desarrolla un matorral costero. La especie característica de estas comunidades fue *Prosopis juliflora*, la cual puede asociarse a las otras especies herbáceas, resultando en diferentes grupos florísticos. Este Bloque I de dunas embrionarias se une al grupo de dunas secundarias, ya que también *Prosopis juliflora* se encuentra presente en las mismas, pero ya no es la especie dominante. Las dunas primarias son el agrupamiento más representativo de las playas estudiadas. Este tipo de comunidad vegetal, desde el punto de vista fitosociológico, podría llegar a formar una asociación de *Prosopis juliflora* y *Porophyllum punctatum*, ya que en los muestreos realizados estas dos especies se observaron frecuentemente a lo largo del litoral.

Cabe destacar la importancia de *Prosopis juliflora* dentro de las dunas primarias, considerada como un “ingeniero ecosistémico”, ya que juega un papel importante

en el ecosistema. Permite una mejor adaptación al suelo de diferentes plantas que crecen debajo de ella, porque al presentar bacterias fijadoras de nitrógeno, y hongos micorrízicos, esta especie modifica las propiedades, físicas y químicas del suelo. En la zona donde se presenta, este se caracteriza por su baja retención de humedad, escasos macro- y micronutrientes, así como bajo contenido de materia orgánica y altos contenidos de sales (Vargas-Lomelín et al., 2023).

Dunas secundarias

Las dunas secundarias se relacionan con el matorral espinoso costero (Rzedowki, 1978) que coloniza estas dunas. Las especies características de esta faja dunar son *Opuntia excelsa*, *Crataeva tapia*, *Coccoloba barbadensis*, *Stenocereus standleyi*, *Hyperbaena ilicifolia*, *Tessiera lithospermoides* y *Vachelia campechiana*, formando una comunidad arbustiva y/o arbórea bien definida, y en contacto con las dunas terciarias. Es importante destacar que esta banda dunar es la más diversa. Por eso deberíamos otorgarles un alto valor de conservación, ya que en algunas partes se han encontrado especies raras o endémicas. Es el caso de *Enriquebeltrania disjuncta* De-Nova & Sosa, que solamente se conoce de algunas poblaciones en las costas de Jalisco y Sinaloa (Ramírez-Díaz y Cuevas-Chapa, 2018). Otro caso es *Guilandina bonduc* L., reportada por McVaugh (1987) a menudo dominante en la zona de estudio (Playa Chamela, Punta Pérula y Tenacatita, entre otras playas). Actualmente, a lo largo de las playas visitadas, se observó solo en Playa Chica, con una pequeña población de cuatro individuos.

La distribución espacial de las comunidades vegetales en las dunas también puede estar relacionada con factores climáticos. Macías Rodríguez et al. (2014) mencionan que las variaciones en la precipitación y la temperatura a lo largo del área de estudio están reguladas por factores latitudinales, regionales y locales. El hecho de que prácticamente la totalidad del territorio analizado sea libre de heladas, hace que la vegetación esté condicionada principalmente por la cantidad y el ritmo de las precipitaciones.

Resultados obtenidos por Frías-Ureña (2023) demuestran que hay determinadas especies que están asocia-

das a diversas variables climáticas específicas; por ejemplo, a la precipitación media anual (*Okenia hypogaea* y *Jouvea pilosa*), índice de humedad mensual mínimo (*Canavalia rosea*), menor precipitación anual y menor número de meses húmedos (*Canavalia rosea*, *Scaevola plumieri* y *Uniola pittieri*). En este trabajo, aunque el objetivo no fue el relacionar las especies con variables climáticas, de acuerdo con nuestros resultados, especies como *Prosopis juliflora*, *Distichlis spicata* e *Ipomoea pes-caprae* al parecer no están relacionadas con ninguna variable climática ni edáfica en particular, ya que se comportan como especies ubicuistas, tanto en las dunas embrionarias como en las primarias. Esto también explica por qué el análisis de escalamiento multidimensional no métrico identificó las diferencias entre las comunidades vegetales que cubren las dunas (Fig. 6). En algunos casos, las especies de amplia distribución se entremezclan en varios inventarios ubicados en los ambientes de dunas primarias y secundarias.

Según Jiménez-Orocio et al. (2014), Jalisco es el estado con menos superficie de dunas costeras a nivel nacional, sumando un total de 3034 ha. De acuerdo con Seingier et al. (2009), es el estado que más vegetación dunar ha perdido. Estos resultados contrastan con lo obtenido por Hernández-Ramos (2020), quien menciona que en los años 1995-1996 fue de 2550.15 ha y para el año 2015 fue de 2568.44 ha, aumentando 18.29 ha de vegetación dunar, lo que indica que este ecosistema se ha conservado por un período de casi 20 años. En cualquier caso, la vegetación de estos ambientes presenta una diversidad florística y fitocenótica de gran relevancia ecológica (Arum et al., 1999).

Algunos de los usos potenciales de este estudio de línea base podrán incluir estudios sobre proliferación de especies exóticas invasoras, evaluación de los impactos antropogénicos ocasionados por el turismo y actividades agropecuarias, selección de áreas para la conservación con base en la representatividad de especies y hábitats, etc. En este último aspecto, actualmente no se cuenta con alguna área encargada de dicho propósito, a excepción de campamentos tortugueros enfocados en la protección de los nidos de quelonios, y que indirectamente preservan la cubierta vegetal y favorecen la sensibilización ambiental de cara a la conservación del ecosistema.



Conclusiones

Este es el primer estudio que analiza la vegetación de los diferentes sistemas dunares del estado de Jalisco. Este trabajo contribuye en gran manera a la generación de información de estas comunidades vegetales poco conocidas del estado. Los análisis estadísticos de la vegetación de los sistemas dunares de Jalisco, como el dendrograma y el método de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS), permitieron separar, identificar y caracterizar a través de su fisonomía, estructura y componente florístico cada una de las comunidades vegetales reconocidas: dunas embrionarias, primarias y secundarias. Al ser la región menos documentada de las costas del país (Ortiz-Pérez y de la Lanza-Espino, 2006; Jiménez-Orocio et al., 2014), estudios como este, deben continuarse en esta y otras disciplinas, con el fin de tener un conocimiento del ecosistema lo más completo posible y de esta manera poder ofrecer las bases de un mejor manejo que aseguren su preservación. Finalmente, el propósito de este trabajo es que la información generada contribuya a formular una reglamentación donde se valore y dicten normas para el uso sostenible de las playas y dunas, ya que en no pocos contextos son consideradas como ambientes pobres y carentes de importancia ecológica.

Contribución de autores

MAM concibió y diseño el estudio. FA realizó los análisis estadísticos. MAM y JG contribuyeron en la recolecta de material y realización de los muestreos de campo. MAM, FA y JG recopilaron y analizaron la información, así como trabajaron en la discusión, revisión y aprobación del manuscrito final.

Financiamiento

Este trabajo fue apoyado a través del proyecto “Caracterización y diagnóstico de las dunas costeras en el litoral sur de Jalisco, México” en la Convocatoria Fortalecimiento de los Cuerpos Académicos 2015 a través de la Secretaría de Educación Pública, así como el programa P3E-2016 del Departamento de Ciencias Ambientales de la Universidad de Guadalajara.

Agradecimientos

A Héctor G. Frías-Ureña por la elaboración del mapa del área de estudio. A Ignacio Hernández, César Ballesteros, Rafael

Hernández y Roberto Esparza por su apoyo en el trabajo de campo. Los autores agradecen los comentarios de los revisores para mejorar el trabajo, así como al editor de la revista y su equipo.

Literatura Citada

- Arum, A. B., K. R. Beena, N. S. Raviraja y K. R. Sridhar. 1999. Coastal sand dunes - A neglected ecosystem. *Current Research* 77(1): 19-21.
- Barrera, O. 2006. Ordenamiento Ecológico Territorial del estado de Jalisco. Gobierno del estado de Jalisco-Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable. Guadalajara, Jalisco, México. 185 pp.
- Boyle, B., N. Hopkins, Z. Lu, J. A. Raygoza Garay, D. Mozzherin, T. Rees, N. Matasci, M. L. Narro, W. H. Piel, S. J. McKay, S. Lowry, C. Freeland, R. K. Peet y B. J. Enquist. 2013. The taxonomic name resolution service: an online tool for automated standardization of plant names. *BMC Bioinformatics* 14: 16. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2105-14-16>
- Braun-Blanquet, J. 1979. Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. Blume. Madrid, España. 820 pp.
- Castillo, S. y P. Moreno-Casasola. 1998. Análisis de la flora de las dunas costeras del litoral Atlántico de México. *Acta Botanica Mexicana* 45: 55-80. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm45.1998.812>
- Castillo-Campos, G. y M. E. Medina-Abreo. 2003. A new species of *Casearia* (Flacourtiaceae) from Mexico. *Novon* 13(1): 30-33. DOI: <https://doi.org/10.2307/3393561>
- Castillo-Campos, G., P. Moreno-Casasola, M. A. Medina Abreo y P. Zamora Crescencio. 1997. Flora de las Bahías de Huatulco, Oaxaca, México. *Ciencia y Mar* 1(3): 3-44.
- de la Lanza-Espino, G. 2004. Gran escenario de la zona costera y oceánica de México. *Revista Ciencias* 76: 2-13.
- Espejel, I., O. Jiménez-Orocio, G. Castillo-Campos, P. P. Garcillán, L. Álvarez, S. Castillo-Argüero, R. Durán, M. Ferrer, D. Infante-Mata, S. Iriarte, J. L. León de la Luz, H. López-Rosas, A. Medel-Narváez, R. Monroy, P. Moreno-Casasola, J. P. Rebman, N. Rodríguez-Revelo, J. Sánchez-Escalante y S. Vanderplank. 2017. Flora en playas y dunas costeras de México. *Acta Botanica Mexicana* 121: 39-81. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm121.2017.1290>
- Frías-Ureña, H. 2023. Secuencia de suelos en la costa de Jalisco y su relación con la vegetación. Guadalajara, Jalisco. Tesis



- de doctorado. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Ambientales, Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco, México. 101 pp.
- Frías-Ureña, H. G., J. A. Ruiz-Corral, M. Á. Macías-Rodríguez, N. Durán, D. González, F. de Albuquerque y J. P. Torres Morán. 2022. Relationship between the distribution of vegetation and the environment in the coastal embryo dunes of Jalisco, Mexico. *PeerJ* 10(4): e13015. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.13015>
- Gilbert, M., N. Pammenter y B. Ripley. 2008. The growth responses of coastal dune species are determined by nutrient limitation and sand burial. *Oecologia* 156: 169-178. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00442-008-0968-3>
- Hernández-Ramos, I. 2020. Análisis temporal de las dunas costeras en el estado de Jalisco. Tesis de maestría. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Ambientales, Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco, México. 198 pp.
- INECOL. 1994a. Instituto de Ecología, Estudio de ordenamiento ecológico de la región Costa Alegre, Jalisco. Vol. I Instituto de Ecología-Banco Mundial-Secretaría de Desarrollo Social, Xalapa, México. 274 pp.
- INECOL. 1994b. Instituto de Ecología, Estudio de ordenamiento ecológico de la región Puerto Vallarta-El Tuito, Costa Alegre, Jalisco. Instituto de Ecología-Banco Mundial-Secretaría de Desarrollo Social. Xalapa, México. 230 pp.
- INEGI. 1999. Carta topográfica del estado de Jalisco. 1:500,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). México, D.F., México.
- INEGI. 2015. Mapa base, topografía. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). México, D.F., México.
- IPNI. 2023. International Plant Names Index. The Royal Botanic Gardens, Kew, Harvard University Herbaria & Libraries and Australian National Herbarium. <http://www.ipni.org> (consultado agosto de 2023).
- IUSS Grupo de Trabajo WRB. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos. No. 103. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, Italia. 117 pp.
- Jiménez-Orocio, O., I. Espejel y M. L. Martínez. 2015. La investigación científica sobre dunas costeras de México: origen, evolución y retos. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86(2): 486-507. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.04.022>
- Jiménez-Orocio, O., I. Espejel, P. Moreno-Casasola, D. Infante-Mata, M. L. Martínez, N. Rodríguez-Revelo y R. Monroy. 2014. Jalisco. In: Martínez, M. L., P. Moreno-Casasola, I. Espejel, O. Jiménez-Orocio, D. Infante-Mata, N. Rodríguez-Revelo y J. C. Cruz González (eds.). Diagnóstico de las Dunas Costeras de México. Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). México, D.F., México. Pp. 211-220.
- Johnson, A. F. 1977. A Survey of the Strand and Dune Vegetation Along the Pacific and Southern Gulf Coasts of Baja California, Mexico. *Journal of Biogeography* 4(1): 83-99. DOI: <https://doi.org/10.2307/3038131>
- Johnson, A. F. 1982. Dune vegetation along the Eastern shore of the Gulf of California. *Journal of Biogeography* 9(4): 317-330. DOI: <https://doi.org/10.2307/2844718>
- Kassambara, A. y F. Mundt. 2020. Factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses. R package ver. 1.0.7, <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra> (consultado enero de 2024).
- Lee, J.-T., L.-Z. Yen, M.-Y. Chu, Y.-S. Lin, C.-C. Chang, R.-S. Lin, K.-H. Chao y M.-J. Lee. 2020. Growth characteristics and anti-wind erosion ability of three tropical foredune pioneer species for sand dune stabilization. *Sustainability* 12(8): 3353. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12083353>
- Legendre, P. y L. Legendre. 2012. *Numerical Ecology*. Elsevier. Amsterdam, The Netherlands. 967 pp.
- León de la Luz, J. L. y A. Medel-Narváez. 2013. A new species of *Bidens* (Asteraceae: Coreopsidae) from Baja California Sur, Mexico. *Acta Botanica Mexicana* 103: 119-126. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm103.2013.52>
- León de la Luz, J. L. y J. J. Pérez Navarro. 2007. A new variety of *Cyrtocarpa edulis* (Anacardiaceae). *Acta Botanica Mexicana* 79: 63-67. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm79.2007.1038>
- León de la Luz, J. L. y J. J. Pérez-Navarro. 2010. Dos nuevos taxa de *Bursera* (Burseraceae) de Baja California Sur, México. *Acta Botanica Mexicana* 91: 37-49. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm91.2010.290>
- Ley-Vega de Seoane, C., J. B. Gallego-Fernández y C. Vidal Pascual. 2007. *Manual de restauración de dunas costeras*. Ministerio de Medio Ambiente Rural y Marino. Santander, España. 258 pp.



- Macías-Rodríguez, M. Á. 1998. Análisis de las comunidades vegetales y composición florística del Desierto de San Felipe, Baja California, México. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, México. 94 pp.
- Macías-Rodríguez, M. Á., C. E. Ballesteros-Aguirre, H. G. Frías-Ureña y S. H. Contreras-Rodríguez. 2019. Flora de las Dunas Costeras de Jalisco. Editorial Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México. 205 pp.
- Macías Rodríguez, M. Á., M. Peinado Lorca, J. Giménez de Azcárate, J. L. Aguirre Martínez y J. Delgadillo Rodríguez. 2014. Clasificación bioclimática de la vertiente del Pacífico mexicano y su relación con la vegetación potencial. *Acta Botanica Mexicana* 109: 133-165. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm109.2014.194>
- Martínez, M. L. 2008. Dunas Costeras. *Investigación y Ciencia* 38: 26-35.
- Martínez, M. L., P. Moreno-Casasola, I. Espejel, O. Jiménez-Orocio, D. Infante-Mata, N. Rodríguez-Revelo. 2014. Presentación. In: Martínez, M. L., P. Moreno-Casasola, I. Espejel, O. Jiménez-Orocio, D. Infante-Mata, N. Rodríguez-Revelo y J. C. Cruz González (eds.). Diagnóstico de las Dunas Costeras de México. Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). México, D.F., México. Pp. 11-16.
- McVaugh, R. 1987. Leguminosae. *Flora Novo-Galiciana* 5: 1-786.
- Miranda, F. y E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28: 29-179. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.1084>
- Moreno-Casasola, P. 2004. Las playas y dunas del Golfo de México. Una visión de su situación actual. In: Caso, M., I. Pisanty y E. Ezcurra (comp.). Diagnóstico Ambiental del Golfo de México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales - Instituto Nacional de Ecología. México, D.F., México. Pp. 491-520.
- Moreno-Casasola, P. e I. Espejel. 1986. Classification and ordenation of Coastal Sand Dune Vegetation along the Gulf and Caribbean Sea of Mexico. *Vegetatio* 66(3): 147-182. <http://www.jstor.org/stable/20037325>
- Moreno-Casasola, P., I. Espejel, S. Castillo, G. Castillo-Campos, R. Durán, J. J. Pérez-Navarro, J. L. León, I. Olmsted y J. Trejo Torres. 1998. Flora de los ambientes arenosos y rocosos de las costas de México. In: Halffter, G. (ed.). *Diversidad biológica de Iberoamérica*, Vol. II. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, México. Pp. 177-258.
- Moreno-Casasola, P., I. Espejel, O. Jiménez-Orocio, D. Infante-Mata, N. Rodríguez-Revelo, F. Casillas-Figueroa, G. Castillo-Campos, M. Ferrer-Cervantes, J. L. León de la Luz, H. López-Rosas, J. Sánchez-Escalante, J. Pale, M. Domínguez y R. Durán. 2014. Flora y Vegetación. In: Martínez, M. L., P. Moreno-Casasola, I. Espejel, O. Jiménez-Orocio, D. Infante-Mata, N. Rodríguez-Revelo y J. C. Cruz González (eds.). Diagnóstico de las Dunas Costeras de México. Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). México, D.F., México. Pp. 49-60.
- Mueller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. Wiley and Sons. New York, USA. 547 pp.
- Murtagh, F. y P. Legendre. 2014. Ward's hierarchical agglomerative clustering method: which algorithms implement Ward's criterion? *Journal of Classification* 31: 274-295. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00357-014-9161-z>
- Ocampo, G. y J. T. Columbus. 2008. Nota sobre *Portulaca californica* Legrand (Portulacaceae), una especie endémica poco conocida de Baja California Sur, México. *Acta Botanica Mexicana* 83: 25-32. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm83.2008.1058>
- Oksanen, F. J., G. Simpson, F. Blanchet, R. Kindt, P. Legendre, P. Minchin, R. O'Hara, P. Solymos, M. Stevens, E. Szoecs, H. Wagner, M. Barbour, M. Bedward, B. Bolker, D. Borcard, G. Carvalho, M. Chirico, M. de Caceres, S. Durand, H. Evangelista, R. FitzJohn, M. Friendly, B. Furneaux, G. Hannigan, M. Hill, L. Lahti, D. McGlenn, M. Ouellette, E. Ribeiro-Cunha, T. Smith, A. Stier, C. Ter Braak y J. Weedon. 2022. *vegan: Community Ecology*. Package. R package ver. 2.6-2, <https://CRAN.R-project.org/package=vegan> (consultado enero de 2024).
- Ortiz-Pérez, M. A. y G. de la Lanza-Espino. 2006. Diferenciación del espacio costero de México: un inventario regional. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 138 pp.
- Peinado, M., J. Delgadillo y J. L. Aguirre. 2005. Plant associations of El Vizcaíno Biosphere Reserve (Baja California Sur, Mexico). *Southwest Naturalist* 50(2): 129-149. DOI: [https://doi.org/10.1894/0038-4909\(2005\)050\[0129:PAOEVB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1894/0038-4909(2005)050[0129:PAOEVB]2.0.CO;2)



- Peinado, M., J. L. Aguirre, J. Delgadillo y M. Á. Macías. 2007. Zonobiomes, Zonoecotones and Azonal Vegetation along the Pacific Coast of North America. *Plant Ecology* 191(2): 221-252. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11258-006-9239-8>
- Peinado, M., J. L. Aguirre, J. Delgadillo y M. Á. Macías. 2008. A phytosociological and phytogeographical survey of the coastal vegetation of western North America. Part I: Plant communities of Baja California, Mexico. *Plant Ecology* 196: 27-60. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11258-007-9334-5>
- Peinado, M., M. Á. Macías, J. Delgadillo y J. L. Aguirre. 2006. Major plant communities of North America's most arid region: the San Felipe Desert, Baja California, Mexico. *Plant Biosystems* 140(3): 280-296. DOI: <https://doi.org/10.1080/11263500600947715>
- Peinado, M., F. M. Ocaña-Peinado, J. L. Aguirre, J. Delgadillo, M. Á. Macías y G. Díaz-Santiago. 2011. A phytosociological and phytogeographical survey of the coastal vegetation of Western North America: beach and dune vegetation from Baja California to Alaska. *Applied Vegetation Science* 14(4): 464-484. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2011.01134.x>
- R Core Team. 2022. R: A language and environment for statistical computing, v. 4.2.1. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/> (consultado enero 2024).
- Ramírez-Delgadillo, R. 2006. Vegetación y flora de la isla "La Cocina", Chamela, municipio de la Huerta, Jalisco, México. In: Carvajal, S. (ed.). *Avances en la Investigación Científica en el CUCBA*. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México. Pp. 554-559.
- Ramírez Delgadillo, R. y F. G. Cupul Magaña. 1999. Contribución al conocimiento de la flora de la Bahía de Banderas, Nayarit-Jalisco, México. *Ciencia Ergo Sum* 6(2): 135-146.
- Ramírez-Díaz, C. J. y R. Cuevas-Chapa. 2018. Relatos sobre el arca de Noé: El caso de *Enriquebeltrania* (Euphorbiaceae) un género con distribución disyunta (Jalisco y Península de Yucatán). *Desde el Herbario CICY* 10: 38-43.
- Ripley, B. S. y N. W. Pammenter. 2008. Physiological Characteristics of Coastal Dune Pioneer Species from the Eastern Cape, South Africa, in Relation to Stress and Disturbance. In: Martínez, M. L. y N. P. Psuty (eds.). *Coastal Dunes*. Ecological Studies, vol 171. Springer. Berlin, Heidelberg, Germany. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-74002-5_9
- Ruiz-Corral, J. A., S. H. Contreras-Rodríguez, G. E. García Romero, y R. F. Villavicencio García. 2021. Climas de Jalisco según Köppen-García con ajuste por vegetación potencial. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 12(5): 805-821. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i5.2988>
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México, D.F., México. 432 pp.
- Rzedowski J. y R. McVaugh. 1966. *Vegetación de Nueva Galicia*. Contributions from the University of Michigan Herbarium 9: 1-123.
- Salas Morales, S. H., L. Schibli, A. Nava Zafra, y A. Saynes Vásquez. 2007. Flora de la costa de Oaxaca, México (2): lista florística comentada del parque nacional Huatulco. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 81: 101-130. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.1769>
- Seingier, G., I. Espejel y J. L. Fermán-Almada. 2009. Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana. *Investigación ambiental. Ciencia y Política Pública* 1: 54-69.
- TROPICOS. 2023. Missouri Botanical Garden. <http://www.tropicos.org> (consultado agosto de 2023).
- Vargas-Lomelín, G., M. Á. Macías-Rodríguez, P. Zarazúa-Villaseñor, F. A. Rodríguez-Zaragoza, C. Neri-Luna y F. Albuquerque. 2023. The Effect of *Prosopis juliflora* (Fabaceae) on the Physical and Chemical Properties of Coastal Dune Soil in Western, Mexico. *Journal of Coastal Research* 39(1): 63-72. DOI: <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-22-00017>
- Westhoff, V. y E. van der Maarel. 1973. The Braun-Blanquet approach. In: Whittaker, R. H. (ed.). *Ordination and classification of communities*. Springer. Dordrecht, The Netherlands. Pp. 617-626.
- Westhoff, V. y E. Van der Maarel. 1978. The Braun-Blanquet Approach. In: Whittaker, R. H. (ed.). *Classification of Plant Communities*. Vol 5-1. Springer. Dordrecht, The Netherlands. Pp. 287-399. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-009-9183-5_9



Apéndice 1: Lista de las 25 imágenes de satélite Spot-4 utilizadas en la zona de estudio. La resolución espectral de la banda 1 (Verde) es de 0.50-0.59 μm ; para la banda 2 (Roja) es de 0.61-0.68 μm ; para la banda 3 (Infrarrojo cercano) es de 0.78-0.89 μm y para la banda 4 (infrarrojo medio) es de 1.58-1.75 μm . La fecha de las tomas fue entre enero y febrero de 2015 (INEGI, 2015).

1	2011_01_03T182639_RE4_3A_NAC_10435818_143529
2	2011_01_03T182639_RE4_3A_NAC_10436183_143529
3	2011_01_23T182745_RE5_3A_NAC_10434277_143529
4	2011_01_25T183126_RE2_3A_NAC_10436015_143529
5	2011_01_25T183129_RE2_3A_NAC_10436010_143529
6	2011_01_25T183132_RE2_3A_NAC_10434275_143529
7	2011_01_25T183132_RE2_3A_NAC_10436016_143529
8	2011_01_31T183454_RE3_3A_NAC_10434786_143529
9	2011_02_06T183940_RE4_3A_NAC_10435818_143529
10	2011_02_06T184000_RE4_3A_NAC_10435816_143529
11	2011_02_14T182837_RE3_3A_NAC_10437305_143530
12	2011_02_14T182841_RE3_3A_NAC_10436940_143530
13	2011_03_08T183307_RE1_3A_NAC_10436303_143530
14	2011_03_08T183308_RE1_3A_NAC_10435997_143530
15	2011_03_08T183311_RE1_3A_NAC_10435818_143530
16	2011_03_08T183315_RE1_3A_NAC_10435805_143530
17	2011_03_08T183315_RE1_3A_NAC_10435821_143530
18	2011_03_08T183318_RE1_3A_NAC_10435811_143529
19	2011_03_08T183318_RE1_3A_NAC_10435814_143529
20	2011_03_12T183426_RE5_3A_NAC_10093792_140599
21	2011_03_12T183426_RE5_3A_NAC_10093794_140599
22	2011_03_12T183430_RE5_3A_NAC_10435828_143530
23	2011_03_12T183433_RE5_3A_NAC_10436185_143530
24	2011_03_12T183440_RE5_3A_NAC_10435097_143529
25	2011_04_01T183713_RE1_3A_NAC_10434276_143529



Apéndice 2: Listado florístico de las especies registradas en los inventarios dentro de las dunas costeras del estado de Jalisco, México. Todas las colectas fueron depositadas en el Herbario IBUG de la Universidad de Guadalajara. Acrónimos: **A:** árbol; **a:** arbusto; **E:** epífita; **e:** enredadera; **h:** hierba; **p:** parásita; **s:** suculenta; MAMR: Miguel Ángel Macías R. * Especies no registradas por Espejel et al. (2017).° Especies registradas en ambos litorales Pacífico y Atlántico, de acuerdo con Moreno-Casasola et al. (1998).

Taxones	Formas biológicas	Colectas
ANGIOSPERMAS		
Magnólicas		
Hernandiaceae		
<i>Gyrocarpus jatrophiifolius</i> Domin * °	A	MAMR-1486
Monocotiledóneas		
Amaryllidaceae		
<i>Hymenocallis litoralis</i> (Jacq.)Salisb.	h	MAMR-1477
Bromeliaceae		
<i>Tillandsia intermedia</i> Mez *	E	MAMR-1400
Poaceae		
<i>Brachiaria distachyos</i> (L.) Stapf *	h	MAMR-1532
<i>Cenchrus ciliaris</i> L.	h	MAMR-1420
<i>Cenchrus spinifex</i> Cav.* °	h	MAMR-1410
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.°	h	MAMR-1536
<i>Distichlis spicata</i> (L.) Greene °	h	MAMR-1434
<i>Jouvea pilosa</i> (J. Presl) Scribn.	h	MAMR-1424
<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka °	h	MAMR-1535
<i>Uniola pittieri</i> Hack.	h	MAMR-1423
Eudicotiledóneas		
Achatocarpaceae		
<i>Achatocarpus gracilis</i> H. Walter	A	MAMR-1567
Aizoaceae		
<i>Sesuvium portulacastrum</i> (L.) L. °	h	MAMR-1537
<i>Trianthema portulacastrum</i> L. °	h	MAMR-1388
Anacardiaceae		
<i>Amphypterigium adstringens</i> (Schltdl.) Schiede ex Standl.	A	MAMR-1385
Apocynaceae		
<i>Funastrum clausum</i> (Jacq.) Schltr.	e	MAMR-1559
Asteraceae		
<i>Pectis multiflosculosa</i> (DC.) Sch. Bip.	h	MAMR-1387
<i>Porophyllum punctatum</i> (Mill.) S.F. Blake °	a	MAMR-1357
<i>Xanthium strumarium</i> L.	h	MAMR-1477
<i>Zinnia maritima</i> Kunth	h	MAMR-1355
Boraginaceae		
<i>Cordia elaeagnoides</i> DC.	A	MAMR-1572
<i>Cordia seleriana</i> Fernald	A	MAMR-1374
<i>Heliotropium indicum</i> L.	h	MAMR-1450
Burseraceae		
<i>Bursera excelsa</i> (Kunth) Engl.	a	MAMR-1395
<i>Bursera palmeri</i> S.Watson *	a	MAMR-1556
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	A	MAMR-1570



Apéndice 2: Continuación.

Taxones	Formas biológicas	Colector
Cactaceae		
<i>Acanthocereus tetragonus</i> (L.) Hummelinck	s	H. Arreola-Nava 467
<i>Opuntia decumbens</i> Salm-Dyck *	s	H. Arreola-Nava 1459
<i>Opuntia excelsa</i> Sánchez-Mej.	s	H. Arreola-Nava 282
<i>Opuntia karwinskiana</i> Salm-Dyck *	s	H. Arreola-Nava 145
<i>Pachycereus pecten-aboriginum</i> (Engelm. ex S. Watson) Britton & Rose	s	H. Arreola-Nava 143
<i>Pilosocereus purpusii</i> (Britton & Rose) Byles & G.D. Rowley *	s	H. Arreola-Nava 468
<i>Stenocereus standleyi</i> (J.G. Ortega) Buxb. *	s	H. Arreola-Nava 147
Capparaceae		
<i>Crataeva tapia</i> L. °	A	MAMR-1415
<i>Morisonia flexuosa</i> L. °	e	MAMR-1492
Cleomaceae		
<i>Cleome viscosa</i> L. *	h	MAMR-1344
Combretaceae		
<i>Conocarpus erectus</i> L.	a	MAMR-1350
Convolvulaceae		
<i>Cuscuta corymbosa</i> var. <i>stylosa</i> (Choisy) Engelm. *	p	MAMR-1558
<i>Ipomoea pes-caprae</i> (L.) R. Br. °	h	MAMR-1370
Euphorbiaceae		
<i>Acalypha microphylla</i> Klotzsch*	h	MAMR-1346
<i>Croton suberosus</i> Kunth	a	MAMR-1568
<i>Euphorbia hirta</i> L.	h	MAMR-1477
<i>Euphorbia thymifolia</i> L.	h	MAMR-1345
<i>Jatropha standleyi</i> Steyerem. *	a	MAMR-1394
Fabaceae		
<i>Apoplinesia paniculata</i> C. Presl	A	MAMR-1385
<i>Canavalia rosea</i> (Sw.) DC. °	h	MAMR-1353
<i>Cenostigma eriostachys</i> (Benth.) Gagnon & G.P. Lewis *	A	MAMR-1515
<i>Chamaecrista chamaecristoides</i> (Collad.) Greene °	a	MAMR-1547
<i>Chamaecrista hispidula</i> (Vahl) H.S. Irwin & Barneby °	a	MAMR-1399
<i>Coulteria platyloba</i> (S. Watson) N. Zamora *	A	MAMR-1383
<i>Entada polystachya</i> (L.) DC.	e	MAMR-1488
<i>Libidibia sclerocarpa</i> (Standl.) Britton & Rose *	A	MAMR-1516
<i>Lonchocarpus constrictus</i> Pittier *	A	MAMR-1389
<i>Lysiloma divaricatum</i> (Jacq.) J.F. Macbr.	A	MAMR-1342
<i>Mimosa pigra</i> L.	a	MAMR-1544
<i>Piscidia carthagenesis</i> Jacq. *	A	MAMR-1379
<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth. °	a	MAMR-1525
<i>Pithecellobium lanceolatum</i> Benth. °	A	MAMR-1462
<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC. °	a	MAMR-1359
<i>Vachellia campechiana</i> (Mill.) Seigler & Ebinger	a	MAMR-1373
Goodeniaceae		
<i>Scaevola plumieri</i> (L.) Vahl °	h	MAMR-1397



Apéndice 2: Continuación.

Taxones	Formas biológicas	Colector
Malvaceae		
<i>Ceiba aesculifolia</i> (Kunth) Britten & Baker f.	A	MAMR-1372
<i>Heliocarpus terebinthinaceus</i> (DC.) Hochr. *	A	MAMR-1576
<i>Waltheria indica</i> L. * °	h	MAMR-1519
Martyniaceae		
<i>Proboscidea althaeifolia</i> (Benth.) Decne.	h	MAMR-1581
Menispermaceae		
<i>Hyperbaena ilicifolia</i> Standl.	a	MAMR-1371
Nyctaginaceae		
<i>Abronia maritima</i> Nutt. ex S. Watson	h	MAMR-1352
<i>Okenia hypogaea</i> Schltld. & Cham. °	h	MAMR-1351
Passifloraceae		
<i>Passiflora foetida</i> var. <i>acapulcensis</i> Killip	e	MAMR-1404
<i>Passiflora holosericea</i> L.	e	MAMR-1419
Polygonaceae		
<i>Antigonon leptopus</i> Hook. & Arn.	e	MAMR-1471
<i>Coccoloba barbadensis</i> Jacq. °	A	MAMR-1341
Portulacaceae		
<i>Portulaca oleracea</i> L. °	h	MAMR-1514
<i>Portulaca pilosa</i> L. *	h	MAMR-1363
Resedaceae		
<i>Forchhammeria watsonii</i> Rose	A	MAMR-1574
Rubiaceae		
<i>Randia aculeata</i> L.	A	MAMR-1339
<i>Randia tetraacantha</i> (Cav.) DC.	A	MAMR-1534
<i>Tessiera lithospermoides</i> DC. *	h	MAMR-1425
Sapindaceae		
<i>Paullinia clavigera</i> Schltld. *	e	MAMR-1493
Solanaceae		
<i>Nicotiana glauca</i> Graham	h	MAMR-1380
<i>Physalis minuta</i> Griggs	h	MAMR-1348
Stegnospermataceae		
<i>Stegnosperma cubense</i> A. Rich.	a	MAMR-1361
Verbenaceae		
<i>Lantana camara</i> L. °	a	MAMR-1406



Apéndice 3: Cuadro sinóptico de los principales tipos de dunas y sus especies características en cada una de ellas, registradas en el estado de Jalisco, México.

Bloques	Tipo de Duna	Especies características	Grupo	Número de muestreos	Especies dominantes	Formas biológicas	Playas	Figuras
BLOQUE I	Dunas primarias	<i>Prosopis juliflora</i> , <i>Porophyllum punctatum</i> , <i>Stegnosperma cubense</i>	I	10	<i>Prosopis juliflora</i> , <i>Stegnosperma cubense</i> , <i>Morisonia flexuosa</i> , <i>Passiflora holosericea</i>	Arbustos, enredaderas, epífitas	Playa los Naranjos, Aquiles Serdán sur, Playón de Mismaloya I y II, Playa Chamela Norte, y Las Peñitas	Fig. 4A
			II	5	<i>Prosopis juliflora</i> , <i>Porophyllum punctatum</i> , <i>Opuntia excelsa</i> , <i>Stenocereus standleyi</i>	Arbustos, suculentas, hierbas, enredaderas	Playa el Realito, La Soledad, Maito, Las Playitas, Aquiles Serdán sur, Los Cocos, El Tecuán norte	Fig. 4B
			III	12	<i>Prosopis juliflora</i> , <i>Distichlis spicata</i> , <i>Tessiera lithospermoides</i> , <i>Acalypha microphylla</i>	Arbustos, hierbas	La Gloria norte y sur, Chalacatepec norte y sur, Playa San Carlos y Tenacatita norte	Fig. 4C
			IV	4	<i>Distichlis spicata</i> , <i>Chamaecrista chamaecristoides</i> , <i>Jouvea pilosa</i> , <i>Prosopis juliflora</i>	Hierbas, arbustos, suculentas	La Gloria norte y sur y Chalacatepec norte y sur	Fig. 4D
			V	8	<i>Ipomoea pes-caprae</i> , <i>Distichlis spicata</i> , <i>Prosopis juliflora</i> , <i>Pithecellobium lanceolatum</i> , <i>Opuntia excelsa</i>	Hierbas, arbustos, suculentas	Playa Isla Navidad, La Gloria norte, Punta Pérula, Tenacatita norte, Chalacatepec sur, y Chamela norte	Fig. 4E
BLOQUE II	Dunas secundarias	<i>Crataeva tapia</i> , <i>Randia tetraantha</i> , <i>Coccoloba barbadensis</i> , <i>Opuntia excelsa</i>	VI	10	<i>Vachellia campechiana</i> , <i>Opuntia</i> spp., <i>Acanthocereus tetragonus</i> , <i>Prosopis juliflora</i> , <i>Crataeva tapia</i> , <i>Hyperbaena ilicifolia</i>	Arbustos, suculentas hierbas	Chalacatepec norte y sur, San Carlos, La Gloria, Las Chachalacas, El Realito	Fig. 4F
			VII	13	<i>Ipomoea pes-caprae</i> , <i>Okenia hypogaea</i> , <i>Jouvea pilosa</i> , <i>Canavalia rosea</i>	Hierbas, suculentas	Aquiles Serdán norte, El Tecuán sur, Tenacatita	Fig. 5A
			VIII	8	<i>Jouvea pilosa</i> , <i>Pectis multiflosculosa</i> , <i>Canavalia rosea</i> , <i>Okenia hypogaea</i>	Hierbas, suculentas	Playas Maito, Chamela, Playón de Mismaloya, El Tecuán norte y Chalacatepec sur	Fig. 5B
			IX	5	<i>Ipomoea pes-caprae</i> , <i>Abronia maritima</i> , <i>Pectis multiflosculosa</i> , <i>Scaevola plumieri</i>	Hierbas, arbustos, trepadoras, enredaderas, suculentas	Las Chachalacas, Playa Chica, Las Peñitas y Chalacatepec norte	Fig. 5C
			X	6	<i>Abronia maritima</i> , <i>Ipomoea pes-caprae</i> , <i>Scaevola plumieri</i> , <i>Canavalia rosea</i>	Hierbas	Chalacatepec norte y sur, San Carlos, Las Peñitas	Fig. 5D
			XI	9	<i>Pectis multiflosculosa</i> , <i>Distichlis spicata</i> , <i>Ipomoea pes-caprae</i> , <i>Abronia maritima</i>	Hierbas	Punta Pérula, La Gloria norte y sur, Tenacatita sur, Chamela norte y Chalacatepec sur	Fig. 5E

Bloques	Tipo de Duna	Especies características	Grupo	Número de muestreos	Especies dominantes	Formas biológicas	Playas	Figuras
	Dunas terciarias	Especies por lo regular características de selva baja caducifolia	0	0	<i>Amphyterigium adstringens</i> , <i>Apoplanesia paniculata</i> , <i>Coulteria platyloba</i> , <i>Bursera simarouba</i> , <i>Cordia elaeagnoides</i> , <i>Gyrocarpus jatrophifolius</i> , <i>Pachycereus pecten-aboriginum</i>	Árboles, arbustos, hierbas, trepadoras, suculentas	La Gloria, Chalacatepec sur, San Carlos	Fig. 5F

