

**ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN LITORAL DEL
MUNICIPIO DE TUXPAN, VERACRUZ, MÉXICO****STRUCTURE OF THE COASTAL VEGETATION OF TUXPAN,
VERACRUZ, MEXICO****José Luis Reyes-Ortiz, Carlos González-Gándara,
Consuelo Domínguez-Barradas, y Gerardo Eliseo Cruz-Morales***Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Campus Tuxpan. Universidad Veracruzana,
México. Correo electrónico: jlrouv@hotmail.com***RESUMEN**

Se caracterizó la composición, abundancia y distribución de las especies vegetales que habitan en las dunas costeras de Tuxpan. Diez sitios fueron muestreados, en total se trazaron 50 transectos de 30 x 2 m y 16 cuadros de 50 x 50 cm por transecto. Se calculó la diversidad verdadera, los índices de Shannon-Weaver, Simpson y Pielou. Se encontraron 56 especies (27 familias y 54 géneros). Las familias con mayor riqueza fueron Fabaceae, Poaceae y Asteraceae. En este trabajo se incluyen once nuevos registros para las dunas costeras de Tuxpan. El estrato herbáceo fue el mejor representado seguido del estrato arbustivo y arbóreo. Las especies dominantes en el sistema de dunas de acuerdo a su valor de importancia son *Ipomoea pes-caprae* (73.97%), *Randia laetevirens* (72.97%) e *Ipomoea stolonifera* (69.10%). La riqueza y la cobertura fueron significativamente mayores en las dunas costeras del sur comparadas con las del norte. Esta investigación contribuye al conocimiento del estado actual de las dunas, mismas que varían en diversidad, cobertura y dominancia, y por la presencia

de especies endémicas y pioneras características de este tipo de vegetación.

Palabras clave: dunas costeras, riqueza, cobertura, distribución, endémicas, pioneras.

ABSTRACT

A regional and local geographical level, plant communities in coastal dunes differ in richness and abundance. The main objective of this work was to study the flora of the coastal environment tuxpeño, of which there is little information. Ten sites were sampled, in total, were drawn 50 transects of 30 x 2 m and 16 quadrants of 50 x 50 cm by transect. 54 species were recorded (25 families and 52 genus), among these, 18 species are typical of the coastal dune vegetation and 35 are common in disturbed environments and other plant communities. This represents 8.5% of the total recorded for the state of Veracruz. Among the records, 18 species are typical of the coastal dune vegetation and 35 are common in disturbed environments or in other communities such as forests and wetlands. In this paper, *Alysicarpus vaginalis*, *Bidens bigelovii*,

Bromus squarrosus, *Cassia chamaecrista*, *C. fasciculata*, *Euphorbia glyptosperma*, *Erythrina coralloides*, *Festuca glauca*, *Hibiscus tiliaceus*, *Rhizophora mangle* y *Stachytarpheta angustifolia* are cited as new records for the coastal dunes of Tuxpan. The herbaceous was the best represented followed by shrubbery and tree. *Ipomoea pes-caprae* (73.97%), *R. laetevirens* (72.97%) and *I. stolonifera* (69.10%) are the dominant species according to their importance value. The richness and coverage among the coastal dunes of north and south of Tuxpan differ statistically ($F = 18.06$; $P < 0.0001$; $F = 9.55$; $P = 0.003$ respectively). The Shannon-Weaver, Pielou, and Simpson index showed no statistical difference. Effective number of species, Simeon Loredo has 48% of the diversity of Benito Juárez. This research contributes to the knowledge of the current state of the dunes, which vary in diversity, coverage and dominance, and the presence of endemic species and pioneers features of this type of vegetation.

Key words: coastal dunes, richness, coverage, dominant, typical, pioneers.

INTRODUCCIÓN

En la zona costera puede desarrollarse una amplia variedad de biomas como selvas, bosques tropicales, pastizales, matorrales, vegetación típica de playas y dunas o médanos (Moreno-Casasola *et al.*, 1998; Moreno-Casasola y Travieso-Bello, 2006; Álvarez-Molina *et al.*, 2012). Las dunas costeras son sistemas ecológicos en constante cambio natural que evolucionan a una escala de tiempo humana (Montserrat, 2010), proveen el hábitat esencial para plantas e invertebrados, así como sitios de alimentación y anidación para aves y

tortugas (Torres *et al.*, 2010; Schlacher *et al.*, 2011). Esto hace de las dunas, ecosistemas muy importantes para la conservación de la biodiversidad (Anwar-Maun, 2009; Moreno-Casasola *et al.*, 2011). Son un sistema clave por su función como barrera natural de protección, recarga de acuíferos, la disminución de la intrusión salina además de ser los ambientes de sedimentación más importantes del planeta dentro de la franja costera, al mismo tiempo, son zonas muy importantes para la recreación, el turismo y la urbanización costera (Moreno-Casasola y Travieso-Bello, 2006; Moreno-Casasola *et al.*, 2009; Seingier *et al.*, 2009; Moreno-Casasola, 2010; SEMARNAT, 2013).

A nivel geográfico regional, e incluso local, las comunidades vegetales en las dunas costeras difieren en cuanto a riqueza y abundancia (Moreno-Casasola y Espejel, 1986), ya que el establecimiento de la flora depende de factores ambientales como la temperatura y la ubicación del manto freático, pocos nutrientes (e.g. nitrógeno y el fósforo), suelo en movimiento, la intensidad de luz, la aspersión salina, los vientos y las interacciones bióticas, entre otros (Moreno-Casasola y Vázquez, 2006; Moreno-Casasola, 2010; Castillo-Campos *et al.*, 2011). A su vez, estos factores representan una serie de filtros ambientales que limitan la persistencia de la vegetación, generando así, una serie de tolerancias ecológicas, atributos estructurales y funcionales compartidos entre individuos, denominados tipos o grupos funcionales, dando origen a la coexistencia de un conjunto de especies en un sitio determinado (Gallego-Fernández y Martínez, 2011). La estabilización del sustrato desnudo inicia con una sucesión primaria, este es colonizado por especies herbáceas y subarborescentes pioneras que aumentan la cobertura

y mejoran las condiciones ambientales (e.g. aumento de la materia orgánica y humedad) haciendo que estas sean más tolerables para el establecimiento de otras especies, a esto se le conoce como facilitación (Moreno-Casasola y Vázquez, 2006).

En Veracruz se han caracterizado florísticamente las dunas costeras, reportando un total de 653 especies (Martínez *et al.*, 2014), donde se incluyen algunas exclusivamente costeras, endémicas, ruderales o secundarias (Castillo-Campos *et al.*, 2005; Márquez y Márquez, 2009), otras con potencial alimenticio, forrajero, farmacéutico (Sridhar y Bhagya, 2007; Moreno-Casasola y Paradowska, 2009) y tóxicas (Avendaño-Reyes y Flores-Gudiño, 1999).

Aunque se reconoce la importancia ecológica, social y económica de las dunas (López-Portillo *et al.*, 2011), no se cuenta con información suficiente para valorar su estado de conservación en el norte de la entidad veracruzana, debido a que la mayoría de las investigaciones se han enfocado a la parte centro y sur (Jiménez-Orocio *et al.*, 2015). Por otro lado, los asentamientos humanos, las actividades agropecuarias, la infraestructura vial y los eventos climáticos (e.g. Huracanes) (Tavares-Correa y Saboga de Alegría, 2003; Torres *et al.*, 2010), provocan la transformación de la cobertura natural (Seingier *et al.*, 2009), la pérdida de los servicios ambientales (Mendoza-González *et al.*, 2012) y la fragmentación de las dunas costeras (Castillo *et al.*, 1991; Ellis y Martínez-Bello, 2010; Torres *et al.*, 2010).

En la zona litoral del municipio de Tuxpan, Veracruz, se encuentran establecidas dos plantas generadoras de energía eléctrica, algunos hoteles y actualmente se está cons-

truyendo un puerto de altura, además de las actividades agropecuarias y el turismo local de sol y playa. Con base en lo antes expuesto, se planteó como objetivo principal del trabajo estudiar la flora del ambiente costero tuxpeño, del cual existe escasa información. Los datos obtenidos de la estructura vegetal, composición florística, así como los factores del medio y antrópicos que determinan su variación en composición y estructura en el sistema dunar; se espera sean de utilidad para caracterizar, definir y delimitar las zonas mejor representadas por vegetación exclusiva de las dunas para fines de protección, conservación y restauración.

MATERIAL Y MÉTODOS

El sistema dunar de Tuxpan, Veracruz está situado sobre una línea de costa de 42 km, cuyos límites son Barra Galindo en el norte (21°5'51.12" N y 97°21'59.85" W) y el estero de Juan González al sur del municipio (20°47'46.85" N y 97°13'5.34" W) (fig. 1). La topografía de las dunas costeras se caracteriza por playas amplias y angostas del tipo disipativas y reflejantes, dunas embrionarias y frontales, con diferentes niveles de cubierta vegetal (Gallego-Fernández y Martínez, 2011; López-Portillo *et al.*, 2011). En general, las dunas van de 1.5 a 5 m de altura. Presentan un suelo tipo regosol que deriva de material no consolidado, susceptible a la erosión, con fácil penetración de raíces (Puig, 1991; INEGI, 2010). La arena es silíceo (Castillo y Moreno-Casasola, 1998). El clima es de tipo Aw₂ con una precipitación media anual de 1355.6 mm y se definen tres temporadas climáticas: nortes de noviembre a febrero –son los vientos de mayor fuerza y alcanzan una velocidad máxima de 80 km/hr–, secas de marzo a junio –vientos del sur conocidos como “suradas”; son secos

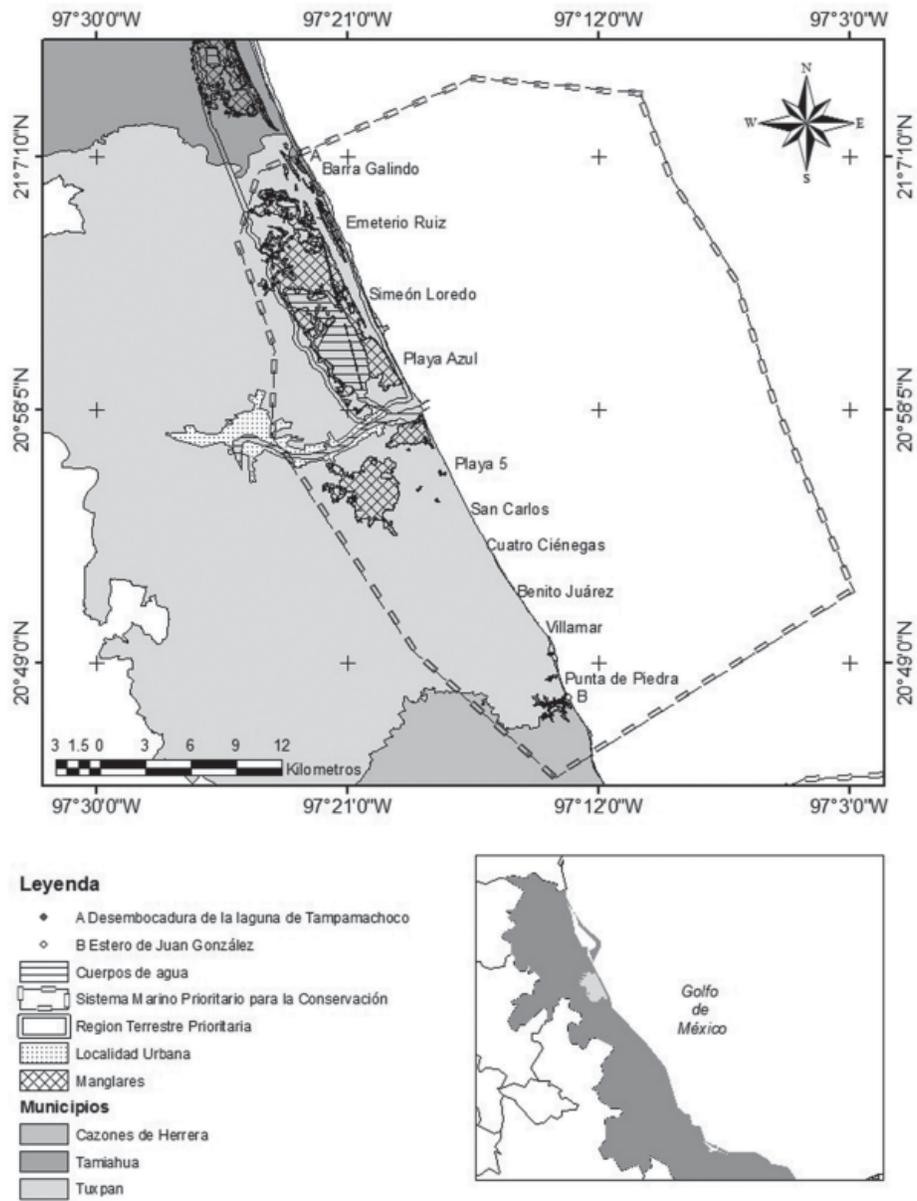


Fig. 1. Ubicación geográfica de las dunas costeras de Tuxpan.

y calientes que disminuyen la humedad atmosférica—y lluvias de julio a octubre —se pueden presentar tormentas tropicales o huracanes con rachas de vientos de más de 129 km/hr—. La marea es mixta diurna. La circulación de sedimentos de deriva litoral va en dirección generalizada norte-sur. La orientación costera va de norte a sur, con una ligera inclinación que permite que los vientos del norte incidan en la costa, ya sea oblicua o frontalmente (García, 1973; Moreno-Casasola *et al.*, 2002; Lara-Domínguez *et al.*, 2009; Moreno-Casasola, 2010; DIGAOHM-SEMAR, 2012).

Se realizaron cinco expediciones a las dunas costeras de Tuxpan, de abril a junio de 2013. La composición florística se registró utilizando 50 transectos perpendiculares a la costa de 30 x 2 m considerando una distancia de 50 m uno de otro, y distribuidos equitativamente en diez sitios de muestreo. El primer transecto se realizó por muestro dirigido después de una exploración inicial de las zonas mejor representativas de vegetación, éstos a su vez, se utilizaron como referencia para las estimaciones de frecuencia y abundancia (Espejel, 1984; Gentry, 1995; Mostacedo y Fredericksen, 2000; Alanís-Rodríguez *et al.*, 2012). Además se realizaron muestreos dirigidos buscando los mejores ejemplares para la recolecta y fotografía *in situ*. Una vez obtenido el listado de especies se procedió a ordenarlo de acuerdo al Sistema de Clasificación de Cronquist (1981). Los autores se abreviaron de acuerdo con Brummit y Powell (1992). La recolecta y el herborizado se llevó a cabo siguiendo la técnica propuesta por Gaviño *et al.* (2007). Los ejemplares recolectados y determinados se depositaron en el Herbario VER-HER-223-07-09 de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agro-

pecuarias Campus Tuxpan (Universidad Veracruzana).

Para estimar la abundancia y dominancia se utilizó un muestreo fitosociológico (Westhoff y van der Maarel, 1978; Braun-Blanquet, 1979; Mateucci y Colma, 1982; Mostacedo y Fredericksen, 2000). La cobertura total de vegetación así como la específica fue estimada utilizando las clases de dominancia de Saito y Atobe (1970) por medio de cuadros de 50 x 50 cm, divididos en sectores de 10 x 10 cm y distribuidos sistemáticamente dentro del transecto. Para el cálculo de la cobertura se utilizó la fórmula $C = \Sigma (M_i \times f_i) / \Sigma f_i$, donde M_i corresponde al porcentaje del punto medio de la clase i ; f_i a la frecuencia (número de sectores con la misma clase de dominancia (i)).

Análisis de datos. La diversidad alfa (α) se basó en el número de especies en una muestra, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas (Moreno, 2001). Para la estructura de las comunidades se utilizó el índice de Shannon-Weaver (Moreno, 2001), su interpretación fue a través de la diversidad verdadera (Moreno *et al.*, 2011). Para la diversidad beta (β) se determinó a nivel de sitios mediante el coeficiente de similitud de Jaccard (Moreno, 2001). El índice de Shannon-Weaver se calculó con la fórmula $H' = -\Sigma p_i \ln p_i$, donde p_i es la proporción de individuos en el total de la muestra que pertenecen a la especie i y \ln es el logaritmo natural de p_i . La equitatividad se calculó con la siguiente fórmula $J' = H' / H'_{max}$, donde H'_{max} es el $\ln(S)$. La dominancia se obtuvo mediante la fórmula $\square = \Sigma p_i^2$ donde p_i es la abundancia proporcional de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra (Villarreal *et al.*, 2006). Las evaluaciones de la diversidad de especies a

nivel de sitio y zona se hicieron con el software Past (Hammer *et al.*, 2001). El análisis de la diversidad verdadera se efectuó a nivel sitios con el valor de qD de orden 1 para, el cual se calculó con la fórmula ${}^1D = exp(H')$ propuesta por Jost (2006). *Casuarina equisetifolia* y *Cocos nucifera* no fueron incluidas en el análisis debido a su deliberada introducción en el sistema dunar (Gallego-Fernández y Martínez, 2011).

Se calculó el índice de valor de importancia (IVI) por especie con la fórmula $IVI = [(F+C)/2] \times 100$, donde la frecuencia fue definida como el número de cuadros donde aparece la especie, dividido entre el número total de cuadros muestreados y la cobertura se consideró como la cobertura promedio de la especie en los cuadros donde aparece (según escala de cobertura abundancia), dividido entre la cobertura total del cuadro para todas las especies (Moreno-Casasola *et al.*, 2010; Gallego-Fernández y Martínez, 2011; Hesp *et al.*, 2011). Para definir la existencia de diferencias en los valores de riqueza y cobertura entre sitios se realizó un análisis de varianza de una vía con un nivel de confianza de 95%, para esto se utilizó el software STATGRAPHICS plus 5.1.

RESULTADOS

La flora de las dunas costeras del municipio de Tuxpan, representó aproximadamente el 8.5% del total registrado para Veracruz y se conformó por 27 familias, 54 géneros y 56 especies. Las familias con mayor riqueza fueron Fabaceae (13), Poaceae (8) y Asteraceae (5) (cuadro 1). En este trabajo se citan 11 nuevos registros para las dunas costeras de Tuxpan: *Alysicarpus vaginalis*, *Bidens bigelovii*, *Bromus squarrosus*, *Cassia chamaecrista*, *C. fasciculata*, *Euphorbia*

glyptosperma, *Erythrina coralloides*, *Festuca glauca*, *Hibiscus tiliaceus*, *Rhizophora mangle* y *Stachytarpheta angustifolia*. El estrato herbáceo fue el mejor representado con 37 especies, seguido del arbustivo y arbóreo con 11 y 6 especies respectivamente. Los mayores valores de importancia se encontraron en *Ipomoea pes-caprae* (73.97%), *Randia laetevirens* (72.97%), *I. stolonifera* (69.10%), *Eupatorium odoratum* (43.46%), *Croton punctatus* (38.28 %) y *Canavalia maritima* (37.39%) (cuadro 2).

La riqueza en las dunas costeras de Tuxpan va de 5 a 22 especies. En general, existe un mayor número de especies en las dunas del sur comparadas con las del norte y se detectaron diferencias significativas entre ambas ($F = 18.06$; $P < 0.0001$). De manera particular la duna de Benito Juárez mostró un valor más alto de riqueza (22) y Barra Galindo el más bajo (5). El índice de Shannon-Weaver (H') fue más alto en la duna de Benito Juárez en el sur (1.51), y más bajo en Simeón Loredó (0.77) (fig. 2). La prueba ANOVA ($F = 2.09$, $P = 0.054$) indicó ausencia de diferencias significativas entre sitios. Por su parte, el índice de dominancia fue mayor en Benito Juárez (0.71) y menor en Simeón Loredó (0.43) sin mostrar diferencias significativas ($F = 1.80$, $P = 0.099$). La equitatividad fue más alta en Barra Galindo (0.830) y menor en Simeón Loredó (0.617), la prueba ANOVA reveló que no hay diferencias significativas ($F = 0.83$, $P = 0.593$). El mayor número de especies efectivas se calculó para la localidad Benito Juárez (4.53) mientras que los valores más bajos corresponden a: Cuatro Ciénegas (3.36), Barra Galindo (2.59) y Simeón Loredó (2.16), este último tiene 48% de diversidad que presentó Benito Juárez.

Cuadro 1. Lista de especies registradas a lo largo de los 10 sitios de Tuxpan.

Estrato	Estatus en México	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Arbustivo											
<i>Acacia cornigera</i> (L.) Willd.	N					x	x			x	
** <i>Caesalpinia bonduc</i> (L.) Roxb.	N								x	x	x
* <i>Cassia chamaecrista</i> Miller ex Benth.	N			x							
* <i>Cassia fasciculata</i> Michx.	N								x		
** <i>Chamaecrista chamaecristoides</i> (Collad.) Greene	N				x					x	
<i>Crotalaria incana</i> L.	In					x	x		x		x
** <i>Croton punctatus</i> Jacq.	N	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
* <i>Erythrina coralloides</i> DC.	N								x		x
* <i>Hibiscus tiliaceus</i> L.	Int		x			x			x	x	x
** <i>Opuntia stricta</i> (Haw.) Haw.	N						x		x	x	x
** <i>Randia laetevirens</i> Standl.	N		x			x	x	x	x	x	x
Arbóreo											
<i>Casuarina equisetifolia</i>	E	x	x	x	x	x	x	x	x		
** <i>Chrysobalanus icaco</i> L.	N									x	
** <i>Coccoloba uvifera</i> (L.) L.	N	x	x		x	x		x	x	x	x
<i>Cocos nucifera</i>	E	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
** <i>Conocarpus erectus</i> L.	N								x		
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunt ex Walp.	N										
<i>Psidium guajava</i> L.	N										x
* <i>Rhizophora mangle</i> L.	N										x

Cuadro 1. Continuación.

Estrato	Estatus en México	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
<i>*Alysicarpus vaginalis</i> (L.) DC.	E									X	
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	N		X	X	X	X			X		
<i>Arundo donax</i> L.	E	X	X	X	X	X			X	X	X
<i>*Bidens bigelovii</i> A. Gray	N		X								
<i>Bidens pilosa</i> L.	N	X	X	X	X	X	X		X	X	X
<i>Borrichia frutescens</i> (L.) DC.	N								X	X	X
<i>Bromelia pinguin</i> L.	N								X	X	X
<i>*Bromus squarrosus</i> L.	In						X		X		
<i>**Cakile geniculata</i> (B.L. Rob.) Millsp.	N		X		X		X		X	X	X
<i>Cenchrus echinatus</i> L.	N		X		X	X			X	X	
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	E	X			X					X	
<i>Cyperus ligularis</i> L.	N									X	
<i>*Euphorbia glyptosperma</i> (Engelm.) Small	N	X		X		X	X		X	X	X
<i>Desmodium incanum</i> (Sw.) DC.	N				X					X	
<i>Eupatorium odoratum</i> L.	N		X				X		X	X	X
<i>*Festuca glauca</i> Vill.	Int	X	X			X	X		X	X	
<i>Heliotropium curassavicum</i> L.	N										X
<i>Hydrocotyle bonariensis</i> Lam.	N	X		X		X	X			X	
<i>Lippia nodiflora</i> (L.) Michx.	N		X			X	X		X	X	X
<i>Macropitium atropurpureum</i> (Moc. & Sessé ex DC.) Urb.	N									X	
<i>**Mimosa pudica</i> L.	N										X

Cuadro 1. Conclusión.

Estrato	Estatus en México									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
** <i>Oenothera drummondii</i> (Spach) Walp.					x	x	x	x		x
** <i>Palafoxia lindenii</i> A. Gray.		x		x		x		x		
<i>Paspalum vaginatum</i> Sw.									x	
<i>Phyllanthus niruri</i> L.				x	x	x				x
** <i>Sesuvium portulacastrum</i> (L.) L.		x	x	x	x	x		x	x	
<i>Sida rhombifolia</i> L.					x				x	
<i>Smilax</i> spp L.									x	x
<i>Spiranthes torta</i> Raf.										
** <i>Sporobolus virginicus</i> (L.) Kunth								x		
* <i>Stachytarpheta angustifolia</i> (Mill.) Vahl	x	x	x	x	x	x		x	x	x
<i>Stachytarpheta jamaicensis</i> (L.) Vahl					x				x	
** <i>Uniola paniculata</i> L.										x
<i>Vigna luteola</i> (Jacq.) Benth.		x								
Rastrero										
** <i>Canavalia maritima</i> Thouars	x	x		x				x	x	x
** <i>Ipomoea pes-caprae</i> (L.) R. Br.	x	x	x	x	x	x		x	x	x
** <i>Ipomoea stolonifera</i> (Cirilo) J.F. Gmel.	x	x	x	x	x	x		x	x	x

Los números árabes indican los sitios: Norte: I: Barra Galindo, II: Emeterio Ruíz, III: Simeón Loredó, IV: Playa Azul. Sur: V: Playa 5, VI: San Carlos, VII: Cuatro Ciénegas, VIII: Benito Juárez, IX: Villamar, X: Punta de Piedra. Los autores se abreviaron de acuerdo con Brummit y Powell (1992). * Nuevo registro para el área de estudio; ** Especie exclusiva del sistema dunar (Moreno-Casasola et al., 2011); las especies restantes son frecuentes en otros ambientes. Estatus en México de acuerdo a Vázquez-Yanes et al. (1999); Vibrans (2014); Bios (2015). N: nativa; In: incierto; Int: introducida; E: exótica.

Cuadro 2. Especies más frecuentes en el sistema dunar de Tuxpan.

Especie	Frecuencia	IVI %
<i>Ipomoea stolonifera</i>	227	69.10
<i>Ipomoea pes-caprae</i>	172	73.97
<i>Sporolobus virginicus</i>	162	28.46
<i>Randia laetevirens</i>	102	72.97
<i>Canavalia maritima</i>	99	37.39
<i>Eupatorium odoratum</i>	96	43.46
<i>Croton punctatus</i>	93	38.28
<i>Lippia nodiflora</i>	60	11.95
<i>Caesalpinia bonduc</i>	49	23.23
<i>Bidens pilosa</i>	48	17.28
<i>Festuca glauca</i>	36	12.21
<i>Arundo donax</i>	35	8.01
<i>Ambrosia artemisifolia</i>	28	15.59
<i>Sesuvium portulacastrum</i>	26	24.81
<i>Oenothera drummondii</i>	24	7.99
<i>Bromelia pinguin</i>	20	8.01
<i>Bromus squarrosus</i>	19	14.41
<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	19	2.84
<i>Euphorbia glyptosperma</i>	16	1.82
<i>Coccoloba uvifera</i>	14	14.68
<i>Hibiscus tiliaceus</i>	12	8.93
<i>Macroptilium atropurpureum</i>	12	4.85
<i>Palafoxia lindenii</i>	11	3.35

La estimación de la cobertura vegetal en las dunas de Tuxpan fue mayor en la parte sur ($12 \pm 3\%$) con respecto al norte ($7 \pm 2\%$), mostrando diferencias estadísticamente significativas ($F = 9.55$; $P = 0.003$). El análisis particular manifestó los valores de cobertura más altos para las dunas de Benito Juárez, Cuatro Ciénegas y San Carlos mientras que, los valores bajos corresponden con las dunas de Emeterio Ruíz, Simeón Loredó y Barra Galindo (fig. 3), el ANOVA indicó que existen diferencias significativas entre ellas ($F = 3.42$; $P = 0.003$).

El coeficiente de similitud de Jaccard arrojó la formación de tres grupos en la vegetación de las dunas costeras, el primero formado por San Carlos, Punta de Piedra, Emeterio Ruíz, Villamar, en su composición florística se encuentran los arbustos *Acacia cornigera*, *Caesalpinia bonduc*, *Cassia chamaecrista*, *C. fasciculata*, *Chamaecrista chamaecristoides*, *Chrysobalanus icaco*, *Croton punctatus*, *Hibiscus tiliaceus*, *Opuntia stricta*, *Randia laetevirens*; el segundo grupo se define por Emeterio Ruíz y Playa Azul caracterizado por *Cakile geniculata*,

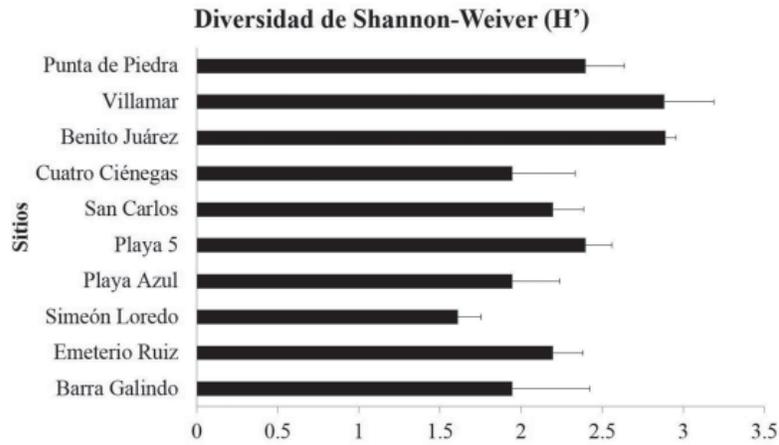


Fig. 2. Valores de índice de diversidad de Shannon-Weaver en las localidades de dunas costeras del municipio de Tuxpan, Veracruz. Las líneas corresponden a la desviación estándar.

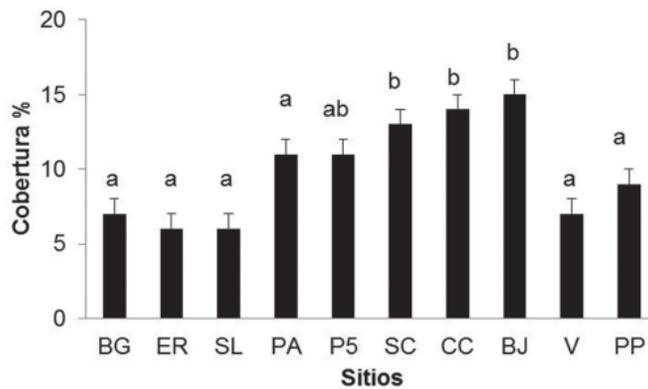


Fig. 3. Cobertura vegetal de las dunas del litoral de Tuxpan, Veracruz. BG: Barra Galindo; EM: Emeterio Ruiz; SL: Simeón Loredo; PA: Playa Azul; P5: Playa 5; SC: San Carlos; CC: Cuatro Ciénegas; BJ: Benito Juárez; V: Villamar; PP: Punta de Piedra. Las líneas corresponden a la desviación estándar.

Canavalia maritima, *Coccoloba uvifera*, *Croton punctatus*, *Ipomoea pes-caprae*, *I. estolonifera*, *Palafoxia lindenii*, *Sesuvium portulacastrum* y *Sporobolus virginicus*, especies exclusivas de las dunas costeras y el tercer grupo presenta los menores valores de riqueza específica encontrando principalmente *Arundo donax*, *Bidens pilosa*, *Croton punctatus*, *Chamaesyce glytoperma*, *Hydrocotyle bonariensis*, *Ipomoea pes-caprae*, *I. stolonifera* y *Sporobolus virginicus* (fig. 4).

Las especies exclusivas de las dunas presentan una distribución heterogénea, en la figura 5 se detalla lo observado en campo en las dunas de Tuxpan, considerando que desde la playa hacia las dunas embrionarias se encuentran principalmente las rastreras del género *Ipomoea* spp. seguidas por *Canavalia maritima*, *Croton punctatus*, *Chamaecrista chamaecristoides*, *Sesuvium portulacastrum* y *Sporobolus virginicus*. Mientras que en las dunas frontales se caracterizan primordialmente por *Caesalpinia bonduc*, *Cakile geniculata*, *Chrysobalanus icaco*, *Oenothera drummondii*, *Randia laetevirens* y *Uniola paniculata*. Esto, tomando en cuenta que a a partir de los 27 metros existen plantaciones de *Casuarina equisetifolia* y *Cocos nucifera*, ambas exóticas.

DISCUSIÓN

La vegetación de la zona norte de Veracruz ha sido poco estudiada (Moreno-Casasola *et al.*, 2011) y a nivel de ambientes particulares las aportaciones taxonómicas de la flora mexicana son escasas (Castillo y Moreno-Casasola, 1998). Con los nuevos reportes, el número de especies para este bioma asciende a 664 en el estado de Veracruz. Entre los registros, 18 especies son

propias de la vegetación de dunas costeras (Moreno-Casasola *et al.*, 2011) y 35 son frecuentes en ambientes perturbados o en otras comunidades como selvas y humedales (Castillo y Moreno-Casasola, 1996). Esta riqueza puede estar asociada principalmente al cambio de uso de suelo debido al rápido desarrollo urbano e industrial (Ellis y Martínez, 2010). Esto promueve la invasión o introducción de especies invasoras y exóticas conocidas por competir con las especies nativas (Castillo y Moreno-Casasola, 1996); en el sistema dunar de Tuxpan se encuentran *Alysicarpus vaginalis*, *Arundo donax*, *Casuarina equisetifolia*, *Cocos nucifera* y *Cynodon dactylon* las cuales representan el 8.92% de los registros.

Especies como *Bidens bigelovii*, *Cyperus ligularis*, *Cassia fasciculata*, *Desmodium incanum*, *Gliricidia sepium*, *Mimosa pudica* y *Paspalum vaginatum* a menudo son más abundantes tierra adentro (Castillo y Moreno-Casasola, 1998), sin embargo, su distribución en las dunas no es homogénea (Castillo, 1981) y ésta se encuentra determinada por las características germinativas de cada una (Valverde, 1988), por lo tanto se les considera plantas del tipo funcional II (García-Novo y Merino, 1997) que compiten evitando ser eliminadas a través de los filtros ambientales (Gallego-Fernández y Martínez, 2011). El registro de *Palafoxia lindenii* permite ampliar su distribución en el norte de Veracruz, pues para el estado se reporta de Tecolutla a Los Tuxtlas (Castillo y Moreno-Casasola, 1998; Álvarez-Molina *et al.*, 2013). De acuerdo con Castillo (1981) y Moreno-Casasola *et al.* (2011), *P. lindenii* y *Chamaecrista chamaecristoides* son las primeras en colonizar el sistema, y por lo tanto, las primeras fijadoras de sustrato. Aunque aquí se les encuentra por detrás de

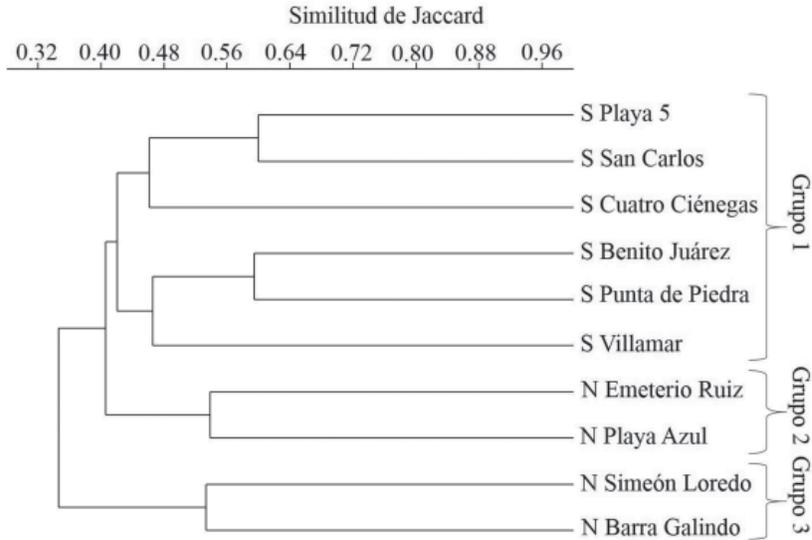


Fig. 4. Similitud de la composición florística de las dunas costeras de Tuxpan.

las dunas embrionarias y en conjunto con *C. punctatus*, *Oenothera drummondii*, *Lippia nodiflora*. Esta diferencia se debe a que *P. lindenii* y *C. chamaecristoides* facilitan el establecimiento de otras especies, lo cual reduce su dominancia y cobertura (Álvarez-Molina *et al.*, 2012).

Los valores relativamente altos de cobertura y frecuencia en más de cuatro sitios y los valores altos de cobertura en pocos sitios, son señalados por Moreno-Casasola *et al.* (2010) como los patrones que indican un valor de importancia alto. Esto se observa en *Ipomoea pes-caprae*, *Randia laetevirens*, *Ipomoea stolonifera*, *Eupatorium odoratum*, *Croton punctatus* y *Canavalia maritima* lo cual indica dominancia, al obtener un alto IVI, además de estar ampliamente represen-

tadas. El ciclo de vida de las especies dominantes es perenne, lo que les permite tener una gran capacidad vegetativa según González-Loera (1982). Sin embargo, Valverde (1988) reportó que un número reducido de plántulas de *C. maritima*, *I. pes-caprae*, *I. stolonifera* y *C. punctatus* logran establecerse, y un número aún menor es capaz de llegar a la etapa reproductiva. En el caso de la especie *P. lindenii*, endémica o propia de las dunas costeras, presentó un IVI bajo (3.3 %), los individuos de esta especie se reproducen de forma alternada (Álvarez-Molina *et al.*, 2013) por lo que su producción de frutos es continua a lo largo del año (Castillo, 1981). Germina a diferentes profundidades (de 0.5 a 2 cm), sin embargo su baja capacidad de germinación responde a su sensibilidad a la salinidad (Valverde, 1988).

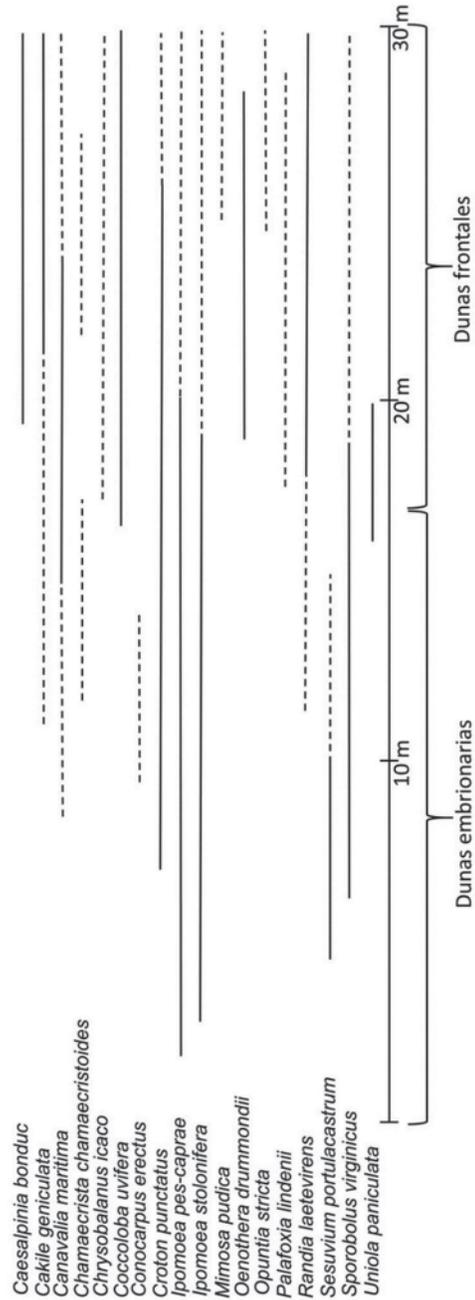


Fig. 5. Distribución de las especies exclusivas en las dunas del litoral de Tuxpan. La línea continua señala una mayor cobertura mientras que la línea punteada indica una disminución en la misma.

El índice de Shannon-Weaver y la diversidad verdadera indican la presencia de sitios con mayor diversidad como Benito Juárez y Villamar (en el sur) que se han visto poco afectados por los asentamientos humanos y no están sujetos al desarrollo urbano y turístico como Barra Galindo y Simeón Loredó (en el norte), sin embargo, el establecimiento de la planta termoeléctrica y el desarrollo del puerto profundo en la parte sur, pueden modificar la vegetación. De acuerdo a la teoría de la sucesión, la diversidad aumenta con el tiempo, pero puede verse afectada por cambios drásticos en la composición y estructura (Álvarez-Molina *et al.*, 2012). Asimismo la diversidad en las dunas costeras es baja, debido a la intensidad de las perturbaciones naturales y se reduce cuando los factores abióticos son extremos, esto genera una serie de filtros demasiado fuertes para las especies que no toleran las condiciones extremas, aunque se espera que la diversidad aumente cuando los filtros ambientales sean menos severos (Gallego-Fernández y Martínez, 2011).

La equitatividad (J') indicó que no hay especies dominantes, si bien existen sitios como San Carlos y Punta de Piedra donde la equitatividad disminuye debido a *R. laetevirens* y *C. bonduc*. La dominancia de *R. laetevirens* estriba en que presenta amplia distribución en dunas estabilizadas y matorrales costeros, igualmente forma parte de los núcleos costeros (Martínez *et al.*, 2014) y establece manchones en zonas de pastoreo o cocotales sin manejo intensivo (Castillo *et al.*, 1991). En el caso de *C. bonduc* es más frecuente en las dunas estabilizadas y matorral espinoso (Martínez *et al.*, 2014). En ambos sitios las especies

pioneras presentaron menor cobertura. Esto obedece a que el sistema dunar está en formación o bien ha evolucionado a tal grado de permitir la formación de matorrales costeros o espinosos, logrando aumentar su resiliencia. El análisis de la diversidad beta (β) muestra que son más heterogéneas las dunas costeras del sur en comparación con las del norte, esto es evidente en campo debido al tipo de manejo que recibe cada duna con sus respectivas playas, para las dunas del norte la perturbación proviene de la introducción de los vehículos a la playa, el turismo, y construcciones permanentes como hoteles y escolleras (Martínez *et al.*, 2006) y la introducción de plantas exóticas (*Arundo donax*, *Casuarina equisetifolia*, *Cocos nucifera* y *Cynodon dactylon*) para frenar el movimiento de la arena, esto impide que el sistema dunar continúe con su evolución y su resiliencia sea cada vez menor. Las estimaciones de cobertura sugieren que la riqueza de las dunas costeras de Tuxpan podría aumentar según lo planteado por Álvarez-Molina *et al.* (2012) quienes mencionan que la riqueza aumenta cuando el valor de la cobertura supera el 60%. Estos valores de cobertura fueron observados en las dunas de San Carlos, Cuatro Ciénegas y Benito Juárez, pero también presentan especies exóticas, con coberturas menores al 5% (*Arundo donax* y *Cynodon dactylon*), y plantaciones de *C. equisetifolia* y *Cocos nucifera*. Estas especies que han sido introducidas a través de cultivos o se han naturalizado, es decir, que han invadido estos ambientes costeros y ahora ocurren naturalmente, provocando una pérdida de la cubierta vegetal nativa que mantiene la forma de las dunas (Gallego-Fernández *et al.*, 2011; Martínez *et al.*, 2014).

CONCLUSIONES

El proceso de estabilización de las dunas costeras en Tuxpan se ha visto interrumpido por el desarrollo urbano, turístico e industrial. Actualmente, existen sitios con especies exclusivas de las dunas costeras que mantienen la dinámica de la comunidad y permiten la fijación de la arena a pesar de los diferentes grados de perturbación (e. g. plantaciones de *Casuarina equisetifolia* y *Cocos nucifera*). Este sistema dunar se verá afectado por la construcción del puerto profundo entre la Playa 5 y la desembocadura del río Tuxpan, alterando aún más su dinámica. Este estudio brinda un panorama general sobre el estado en el que se encuentran las dunas costeras, pues hasta el momento, solo se reconoce su importancia social y económica.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Educación Pública por el financiamiento del proyecto: “Bases para el Análisis y Síntesis de los Sistemas Costeros de Veracruz”, realizado en el marco de la Red para el Análisis y Síntesis de la Zona Costeras Veracruzana, Golfo de México (RASZCOV).

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgar la beca núm. 343578, apoyo que fue utilizado para estudiar la maestría en Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros.

LITERATURA CITADA

Alanís-Rodríguez, E.; J. Jiménez-Pérez, A. Valdecantos-Dema, M.A. González-Tagle, O.A. Aguirre-Calderón, y E.J. Treviño-Garza. 2012. “Composición y

diversidad de la regeneración natural en comunidades de *Pinus-Quercus* sometidas a una alta recurrencia de incendios en el noreste de México”. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, **83**: 108-124.

Álvarez-Molina, L.L., y M.L. Martínez, 2012. “Richness, diversity, and rate of primary succession over 20 year in tropical coastal dunes”. *Plant Ecol.*, **213**: 1597-1608.

Álvarez-Molina, L.L.; M.L. Martínez, D. Lithgow, G. Mendoza-González, P. Flores, S. Ortíz-García, y P. Moreno-Casasola, 2013. “Biological flora of coastal dunes and wetlands: *Palafoxia lindenii* A. Gray”. *J.C.R.*, **29**(3): 680-693.

Anwar-Maun, M., 2009. *The Biology of Coastal Sand Dunes*. Oxford University Press. United States. 265 pp.

Avendaño-Reyes, S., y J.S. Flores-Gudiño. 1999. “Registro de plantas tóxicas para ganado en el estado de Veracruz”. *Veterinaria México*, **30**(1): 79-94.

Bios (*Explorador de especies de México*). 2015. [Actualizado al 13 de octubre de 2015]. Página electrónica (<http://bios.conabio.gob.mx/especies>).

Braun-Blanquet, J.m 1979. *Fitosociología: bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Blume Ediciones. Madrid, 820 pp.

Brummitt, R.K., y C.E. Powell, 1992. *Authors of plant names*. The Royal Botanic Gardens, Kew. 736 pp.

- Castillo, S.A., 1981. "Fenología de dunas costeras". Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 102 pp.
- Castillo, S., y P. Moreno-Casasola, 1996. "Sand dune vegetation: an extreme case of species invasion". *Journal of Coastal Conservation*, **2**: 13-22.
- Castillo, S., y P. Moreno-Casasola, 1998. "Análisis de la flora de dunas costeras del Golfo y Caribe de México". *Acta Botánica Mexicana*, **45**: 55-80.
- Castillo, S.; J. Pompa, y P. Moreno-Casasola, 1991. "Coastal sand dune vegetation of Tabasco and Campeche, Mexico". *Journal of Vegetation Science*, **2**: 73-88.
- Castillo-Campos, G.; M.E. Medina-Abreo, P.D. Dávila-Aranda, y J.A. Zavala-Hurtado, 2005. "Contribución al conocimiento del endemismo de la flora vascular en Veracruz, México". *Act. Bot. Mex.*, **73**: 19-57.
- Castillo-Campos, G.; S. Avendaño, y Ma. E. Medina, 2011. "Flora y vegetación". pp. 159-176. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México. 679 pp.
- Cronquist, A., 1981. *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. Columbia University Press, 1262 pp.
- DIGAOHM-SEMAR (Dirección General Adjunta de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología-Secretaría de Marina). 2015. [actualizado al 31 diciembre de 2012] Página electrónica (<http://digaohm.semar.gob.mx>).
- Ellis, E.A., y M. Martínez-Bello, 2010. "Vegetación y Uso de Suelo de Veracruz". pp. 203-226. *Atlas del Patrimonio Natural, Histórico y Cultural del estado de Veracruz*. Comisión para la Conmemoración del Bicentenario de la Independencia Nacional y del Centenario de la Revolución Mexicana. Gobierno del estado de Veracruz, 280 pp.
- Espejel, I., 1984. "La vegetación de las dunas costeras de la Península de Yucatán. Análisis florístico del estado de Yucatán". *Biótica*, **9**(2): 183-210.
- Gallego-Fernández, J.B., y M. L. Martínez, 2011. "Environmental filtering and plant functional types on mexican foredunes along the Gulf of Mexico". *Ecoscience*, **18**(1): 52-62.
- García, E., 1973. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía. Press. 224 pp.
- García-Mora, M.R.; J.B. Gallego-Fernández, y F. García-Novo, 2000. "Plant diversity as a suitable tool of coastal dune vulnerability assessment". *J.C.R.*, **16**(4): 990-995.
- García-Novo, F y J. Merino. 1997. "Pattern and process in the dune system of the Doñana National Park". Goodall,

- D. W. and E. Van Der Maarel (eds.). *Ecosystems of the world: Dry coastal ecosystems*. Elsevier 2c, 453-468.
- Gaviño, de la T.G.; J.C. Juárez y H.H. Figueroa, 2007. *Técnicas Biológicas Selectas de Laboratorio y de Campo*. Limusa. México, 308 pp.
- Gentry, A.H., 1995. "Diversity and floristic composition of neotropical dry forests". pp. 146-190. Bullock, S.H., H.A. Mooney, y E. Medina (eds). *Seasonally Dry Tropical Forests*. Cambridge University. Press. Cambridge, Inglaterra, 392 pp.
- González-Loera, J., 1982. "Regeneración de la vegetación de hondonadas húmedas de dunas costeras, a partir de una perturbación inducida". Tesis de licenciatura. Facultad de ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 61 pp.
- Hammer, Ø., D. A. T. Harper y P. D. Ryan. 2001. "PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis". *Paleontología Electronica*, **4**(1). 9 pp. Disponible en: http://paleo-electronica.org/2001_1/past/issue_01.htm.
- Hesp, P.A.; M. Martínez, G. Miot da Silva, N. Rodríguez-Revelo, E. Gutiérrez, A. Humanes, D. Láinez, I. Montaña, V. Palacios, A. Quesada, L. Storero, G. González-Trilla, y C. Trochine. 2011. "Transgressive dunefield landforms and vegetation associations, Doña Juana, Veracruz, Mexico". *Earth Surf. Process. Landforms*, **36**: 285-195.
- INEGI. 2010. [Actualizado al 31 de marzo de 2014]. Página electrónica (<http://www.inegi.org.mx>).
- Jost, L., 2006. "Entropy and diversity". *Oikos*, **113**: 363-375.
- 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**: 486-507.
- Lara-Domínguez, A.L.; J. López-Portillo; A. Ávila-Ángeles, y A.D. Vázquez-Lule, 2009. "Caracterización del sitio de manglar Tuxpan". Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). *Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica*. CONABIO, México, DF.
- López-Portillo, J.; M.L. Martínez, P. Hesp, J.R.H. Santana, A.P. Méndez, V. Vázquez-Reyes, L.R.G. Aguilar, O. Jiménez-Orocio, S.L.G. Delgado, 2011. *Atlas de las costas de Veracruz: manglares y dunas*. Universidad Veracruzana México, 248 pp.
- Márquez Ramírez, W., y J. Márquez Ramírez, 2009. "Municipios con mayor biodiversidad en Veracruz". *Foresta Veracruzana*, **11**(2): 43-50.
- Martínez, M.L.; G. Vázquez, y S. Sánchez-Colón, 2001. "Spatial and temporal dynamics during primary succession on tropical coastal sand dunes". *Journal of Vegetation Science*, **12**: 361-372.

- Martínez, M.L.; J.G. García-Franco, y V. Rico-Gray, 2006. "Las adaptaciones y las interacciones de las especies". pp. 273-283. Moreno-Casasola, P. (ed). *Entornos Veracruzanos: la costa de La Mancha*. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, 574 pp.
- Martínez, M.L.; P. Moreno-Casasola, I. Espejel, O. Jiménez-Orocio, D. Infante Mata, y N. Rodríguez-Revelo, 2014. *Diagnóstico de las dunas costeras de México*. CONAFOR, 350 pp.
- Matteucci, S.D., y A. Colma, 1982. *Metodología para el estudio de la vegetación*. Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, DC, 168 pp.
- Mendoza-González, G.; M.L. Martínez, D. Lithgow, O. Perez-Maqueo, y P. Simonin, 2012. "Land use change its effects on the value of ecosystem services along the coast of the Gulf of Mexico". *Ecological Economics*, **82**: 23-32.
- Montserrat, A.L., 2010. "Evaluación del estado de conservación de dunas costeras: dos escalas de análisis de la costa pampeana". Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Argentina, 220 pp.
- Moreno, C.E., 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.
- Moreno, C.E.; F. Barragán, E. Pineda y N. P. Pavón, 2011. "Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas". *Revista Mexicana de Biodiversidad*, **82**: 1249-1261.
- Moreno-Casasola, P. 1986. "Sand movement as a factor in the distribution of plant communities in a coastal dune system". *Vegetation*, **65**: 67-76.
- Moreno-Casasola, P., 2010. *Veracruz: Mar de arena*. Gobierno del Estado de Veracruz para la Conmemoración de la Independencia Nacional y de la Revolución Mexicana-Universidad Veracruzana. México, 283 pp.
- Moreno-Casasola, P., e I. Espejel, 1986. "Classification and ordination of coastal dune vegetation along the Gulf and Caribbean sea of Mexico". *Vegetation*, **66**: 147-182.
- Moreno-Casasola, P., y A. C. Travieso-Bello, 2006. "Las playas y dunas". pp. 205-220. Moreno-Casasola, P. (ed). *Entornos Veracruzanos: la costa de La Mancha*. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz, México, 574 pp.
- Moreno-Casasola, P., y G. Vázquez, 2006. "Las comunidades de las dunas". pp. 205-220. Moreno-Casasola, P. (ed.). *Entornos Veracruzanos: la costa de La Mancha*. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México, 574 pp.
- Moreno-Casasola, P., y K. Paradowska, 2009. "Especies útiles de la selva baja caducifolia en las dunas costeras del

- centro de Veracruz”. *Madera y Bosques*, **15**: 21-44.
- Moreno-Casasola, P.; D. Infante-Mata, A. C. Travieso-Bello, y C. Madero-Vega. 2009. *Manual para la reforestación de los médanos*. CONACYT-INECOL-CONAFOR, 55 pp.
- Moreno-Casasola, P.; E. Cejudo-Espinosa, A. Capistrán-Barradas, D. Infante-Mata, H. López-Rosas, G. Castillo-Campos, J. Pale-Pale, y A. Campos-Cascaredo, 2010. “Composición florística, diversidad y ecología de humedales herbáceos emergentes en la planicie costera central de Veracruz, México”. *Bol. Soc. Bot. Méx.*, **87**: 29-50.
- 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”. pp. 177-258. Halffter, G. (ed.). *Biodiversidad en Iberoamérica*. CYTED-Instituto de Ecología A.C., Xalapa, 337 pp.
- Moreno-Casasola, P.; J.L. Rojas Galaviz, D. Zárate-Lomelí, M.A. Ortiz-Pérez, A.L. Lara-Domínguez, y T. Saavedra-Vázquez, 2002. “Diagnóstico de los manglares de Veracruz. Distribución, vínculo con los recursos pesqueros y su problemática”. *Madera y Bosques*, **8**: 61-68.
- Moreno-Casasola, P.; S. Castillo, y M.L. Martínez, 2011. “Flora de las playas y los ambientes arenosos (dunas) de las costas”. pp. 229-238. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO). *La Biodiversidad en Veracruz: Estudio del Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México, 679 pp.
- Mostacedo, B., y T.S. Fredericksen, 2000. “Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en Ecología Vegetal”. BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia, 87 pp.
- Puig, H., 1991. *Vegetación de la Huasteca (México): estudio fitogeográfico y ecológico*. Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération-ORSTOM. Instituto de Ecología de Xalapa Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos - CEMCA. 626 pp.
- Saito, Y., y S. Atobe, 1970. “Phytosociological study of intertidal marine algae I”. Usujiri Benten-Jima, Hokkaido. *Bulletin of the Faculty of Fisheries, Hokkaido University*, **21**: 37-69.
- Schlacher, T.A.; R. de Jager, y T. Nielsen, 2011. “Vegetation and ghost crabs in coastal dunes as indicators of putative stressors from tourism”. *Ecological Indicators*, **11**: 284-294.
- Seingier G.; I. Espejel, y J.L. Ferman-Almada, 2009. “Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana”. *Investigación Ambiental*, **1**(1): 54-69.
- SEMARNAT, 2013. *Manejo de ecosistemas de dunas costeras, criterios ecológicos y estrategias*. México, DF, 98 pp.

- Sridhar, K.R., y B. Bhagya, 2007. "Coastal sand dune Vegetation: a potential source of food, fodder y pharmaceuticals". *Livestock Research for Rural Development*, **19**(6): 84.
- Tavares-Correa, C., y A. Sabogal de Alegría. 2003. "Estabilización de dunas litorales utilizando *Sesuvium portulacastrum* L. en el departamento de La Libertad, costa norte de Perú". *Ecología Aplicada*, **2**(1): 47-50.
- Torres, W.; M. Méndez, A. Dorantes, y R. Durán. 2010. "Estructura, composición y diversidad del matorral de duna costera en el litoral yucateco". *Bol. Soc. Bot. Méx.*, **86**: 37-51.
- Valverde, M.T., 1988. "Germinación de algunas especies pioneras de dunas costeras del Golfo de México". Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 93 pp.
- Villarreal, H.; M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina, y A. M. Umaña, 2006. *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia, 236 pp.
- Westhoff, V., y E. van der Maarel, 1978. "The Braun-Blanquet approach". pp. 287-399. Whittaker, R.H. (ed.). *Classification of Plant Communities*. The Hague: Junk. Holanda, 424 pp.
- Vázquez-Yanes, C.; A.I. Batis Muñoz, M.I. Alcocer Silva, M. Gual Díaz, y C. Sánchez Dirzo, 1999. *Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación*. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO - Instituto de Ecología, UNAM.
- Vibrans, H., 2014. *Malezas de México*. <http://www.malezasdemexico.net> (consultado noviembre 2014).