



Abraham Juárez Escobio
Instituto de Ecología A.C.

Adi Estela Lázaro-Ruiz
Pontificia Universidad Católica de Río de Janeiro (PUC-Rio)
adi_@pucbr.com.br

Adriano Aquino Arreortúa
Universidad Veracruzana
adriano.arreortua@gmail.com

Adolfo Campos C.
Instituto de Ecología A.C.
adolfo.campos@inecol.mx

Ascensión Capistrán
Universidad Veracruzana
ascapistran@uv.mx

Blanca Edith Escamilla-Pérez
Instituto de Ecología A.C.
Blanca.escamilla@inecol.mx

Carolina Madero Vega
Instituto de Ecología A.C.
madero.carolina@gmail.com

César Vázquez-González
Instituto de Ecología A.C.
cesarvazquez4@gmail.com

Dulce Infante Mata
El Colegio de La Frontera Sur
dulce.infante@gmail.com

Eduardo Cejudo
Instituto de Ecología A.C.
cejudoe@gmail.com

Gonzalo Castillo-Campos
Instituto de Ecología A.C.
gonzalo.castillo@inecol.mx

Hugo López Rosas
Universidad Nacional Autónoma de México
hugolopez@unam.mx

Ileana Espejel
Universidad Autónoma de Baja California
ileana.espejel@uabc.edu.mx

Iris Neri Flores
Universidad Veracruzana
inerni@uv.mx

Jaime J. Carrera Hernández
Universidad Nacional Autónoma de México
jaime-carrera@geoconciencia.unam.mx

Javier Laborde Davali
Instituto de Ecología A.C.
javier.laborde@inecol.mx

Jesús Pala Pale
Instituto de Ecología A.C.
pala.33@hotmail.com

José Luis Marín Muñoz
Colegio de Veracruz
soydrw@hotmail.com

Liliana Cevallos Flores
Instituto de Ecología A.C.
lilcevallos@gmail.com

Lorena Elisa Sánchez Higuera
Instituto de Ecología A.C.
lorenelisa@gmail.com

Luis Alberto Peralta Peláez
Instituto Tecnológico de Veracruz
peralta@itvet.edu.mx

Ma. Antonia Camacho
Instituto de Ecología A.C.
marianacamachob@gmail.com

Marcos González Nochebuena
Instituto de Ecología A.C.
marcoconalnochebuena@gmail.com

Maria Elizabeth Hernández
Instituto de Ecología A.C.
elizabeth.hernandez@inecol.mx

Mariano Guevara M.
Instituto de Ecología A.C.
casaco@uv.mx

Matilde Rincón
El Colegio de La Frontera Sur
matilderincoperez@yahoo.com.mx

Mayra Ramírez Pinedo
Instituto de Ecología A.C.
mayra.ramirez@gmail.com

Roberto C. Monroy Ibarra
Instituto de Ecología A.C.
roberto.monroy@inecol.mx

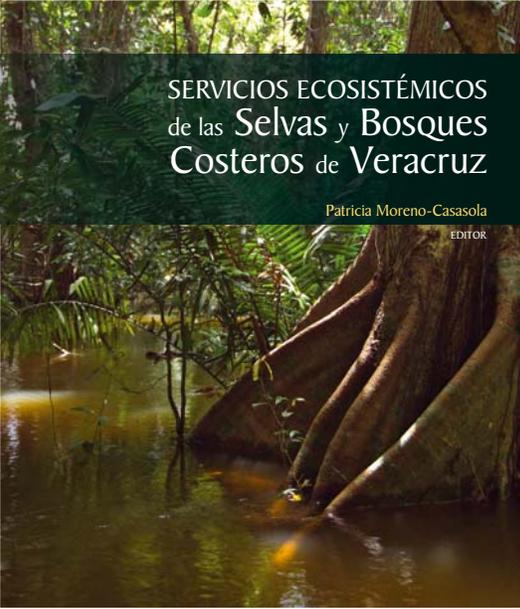
Rosa María González-Marín
Universidad Veracruzana
rosamaria.gonzalezmarin@gmail.com

Samantha Díaz de León
Universidad Autónoma de Baja California
metaleon@hotmai.com

Sara Pérez Torres
Servicios Profesionales Veracruzana
exactas_sara@hotmail.com

Sergio Guevara Sada
Instituto de Ecología A.C.
sergio.guevara@inecol.mx

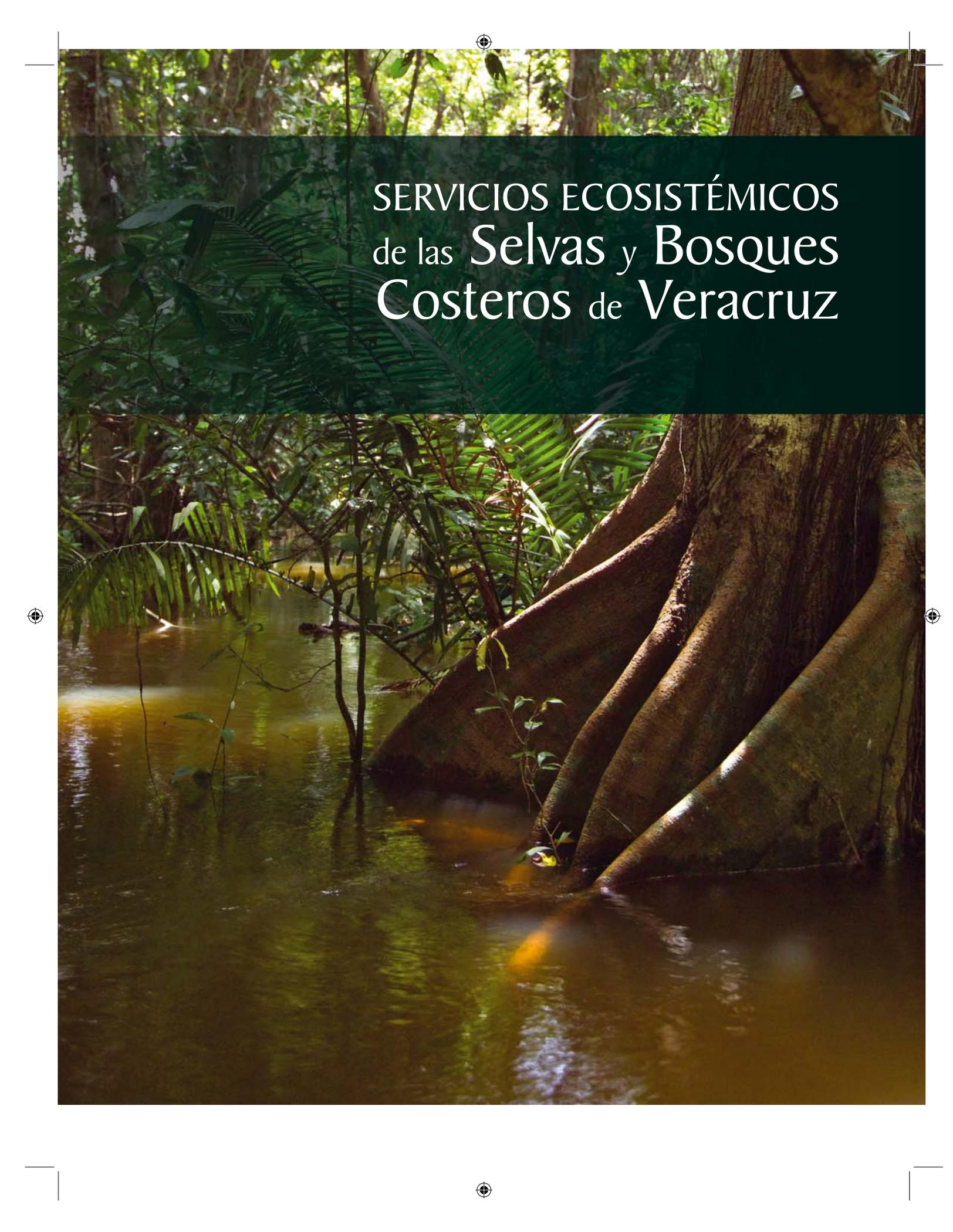
Patricia Moreno-Casasola
Servicios ecosistémicos de las Selvas y Bosques Costeros de Veracruz



SERVICIOS ECOSISTÉMICOS de las Selvas y Bosques Costeros de Veracruz

Patricia Moreno-Casasola
EDITOR



A photograph of a tropical forest. In the foreground, a large tree trunk with prominent buttresses (wide, flat roots) extends over a body of water. The water is a murky, yellowish-brown color. The background is filled with dense green foliage, including various types of ferns and other tropical plants. The lighting is natural, suggesting sunlight filtering through the canopy.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS
de las Selvas y Bosques
Costeros de Veracruz

Primera edición, 2016

D.R. © por Instituto de Ecología, A.C.
Carretera antigua a Coatepec No. 351,
El Haya, Xalapa 91070, Veracruz, México
ISBN 978-607-7579-57-1

Título: Servicios Ecosistémicos de las Selvas y Bosques Costeros de Veracruz
Impreso en México ~ Printed in Mexico

Publicación en línea:
http://www.inecol.mx/inecol/libros/Servicios_Ecosistémicos_de_las_Selvas_y_Bosques_Costeros_de_Veracruz.pdf

Forma sugerida para citar este libro:
Moreno-Casasola, P. (ed.) 2016.
Servicios Ecosistémicos de las Selvas y Bosques costeros de Veracruz.
INECOL - ITTO - CONAFOR - INECC. 360 pág.

Diseño y formación editorial: Instituto Literario de Veracruz, S.C.
Fotografía: Gerardo Sánchez Vigil
Dibujos: Kerenha Hernández González y Roberto C. Monroy Ibarra

D.R. © Ninguna parte de esta publicación, incluyendo el diseño de la cubierta, puede ser reproducida, traducida, almacenada o transmitida en manera alguna ni por ningún medio, ya sea eléctrico, químico, mecánico, óptico de grabación o de fotocopia, sin permiso previo del editor. Párrafos pequeños o figuras aisladas pueden reproducirse, dentro de lo estipulado en la Ley Federal del Derecho de Autor y el Convenio de Berna, o previa autorización por escrito de la editorial.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS de las Selvas y Bosques Costeros de Veracruz

Patricia Moreno-Casasola
Editor
Instituto de Ecología, A.C.

Esta guía es un producto del proyecto “Evaluación ambiental y valoración económica de los servicios ecosistémicos proporcionados por los bosques costeros (manglares, selvas inundables, selvas y matorrales sobre dunas) y sus agro-sistemas de reemplazo, en la planicie costera central de Veracruz, México”, financiado por la Organización Internacional de Maderas Tropicales (ITTO), cuyo punto focal en México es CONAFOR.

www.itto.int

RED-PD 045/11 Rev.2 (M)



Publicación 8 Serie Costa Sustentable





Directorio de autores

Patricia Moreno-Casasola

Coordinadora del Proyecto
Instituto de Ecología A.C.
patricia.moreno@inecol.mx

Abraham Juárez Eusebio[†]

Instituto de Ecología A.C.

Adi Estela Lazos-Ruíz

Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro
(PUC-Rio).
adita_lazos@yahoo.co.uk

Adriana Aquino Arreortúa

Universidad Veracruzana. Instituto de Investigaciones
Forestales.
adriana.a.arreortua@gmail.com

Adolfo Campos C.

Instituto de Ecología A.C.
adolfo.campos@inecol.mx

Ascensión Capistrán

Universidad Veracruzana.
acapistran@uv.mx

Blanca Edith Escamilla-Pérez

Instituto de Ecología A.C.
blanca.escamilla@inecol.mx

Carolina Madero Vega

Instituto de Ecología A.C.
madero.carolina@gmail.com

César Vázquez-González

Instituto de Ecología A.C.
cesargonzalez84@gmail.com

Dulce María Infante Mata

El Colegio de La Frontera Sur.
dinfante@ecosur.mx

Eduardo Cejudo

Instituto de Ecología A.C.
ecejudoe@gmail.com

Gonzalo Castillo-Campos

Instituto de Ecología A.C.
gonzalo.castillo@inecol.mx

Hugo López Rosas

Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de
Ciencias del Mar y Limnología.
hugoloper@cmarl.unam.mx

Ileana Espejel

Universidad Autónoma de Baja California.
ileana.espejel@uabc.edu.mx

Iris Neri Flores

Universidad Veracruzana.
ineri@uv.mx

Jaime J. Carrera Hernández

Universidad Nacional Autónoma de México.
jaime-carrera@geociencias.unam.mx

Javier Laborde Dovalí

Instituto de Ecología A.C.
javier.laborde@inecol.mx

Jesús Pale Pale

Instituto de Ecología A.C.
pale.33@hotmail.com

José Luis Marín Muñiz

Colegio de Veracruz
soydrew@hotmail.com

Liliana Cadavid Florez

Instituto de Ecología A.C.
soydrew@hotmail.com

Lorena Elisa Sánchez Higuereado

Instituto de Ecología A.C.
lorenaelisa@gmail.com

Luis Alberto Peralta Peláez

Instituto Tecnológico de Veracruz. Unidad de Investigación
y Desarrollo de Alimentos (UNIDA)
peralta@itver.edu.mx

Ma. Antonia Camacho

Instituto de Ecología A.C.
maryantoniacamacho@gmail.com

Marco González Nochebuena

Instituto de Ecología A.C.
marco.gonzalea@inecol.mx

María Elizabeth Hernández

Instituto de Ecología A.C.
elizabeth.hernandez@inecol.mx

Mariano Guevara M.

Instituto de Ecología A.C.
casasola99@yahoo.com

Matilde Rincón

El Colegio de la Frontera Sur
matilderinconperez@yahoo.com.mx

Mayitza Ramírez Pinero

Instituto de Ecología A.C.
mayitza.ramirez@gmail.com

Roberto C. Monroy Ibarra

Instituto de Ecología A.C.
roberto.monroy@inecol.mx

Rosa María González-Marín

Universidad Veracruzana. Instituto de Biotecnología y
Ecología Aplicada (INBIOTECA).
rosy.gonzalez.marin@gmail.com

Samantha Díaz de León

Universidad Autónoma de Baja California.
metalenation@hotmail.com

Sara Pérez Torres

Servicios Profesionales Veracruz
exactas_sara@hotmail.com

Sergio Guevara Sada

Instituto de Ecología A.C.
sergio.guevara@inecol.mx

ÍNDICE

17 EL CONTEXTO

18 I. La zona costera y sus ecosistemas

21 Los ecosistemas de playas y dunas

23 Los sistemas de dunas de Veracruz

23 Los humedales

25 Los manglares, un humedal salobre

25 Las selvas inundables

27 Los humedales herbáceos

28 Los sistemas de humedales de Veracruz

28 La complejidad ambiental

30 La zona costera en México y su importancia para el desarrollo del país y el bienestar de la población

32 Crecimiento poblacional de la zona costera

34 El proyecto

37 II. Los servicios ecosistémicos de los bosques costeros

37 ¿Qué son los servicios ecosistémicos?

41 Los servicios ecosistémicos en las costas

42 Servicios de las funciones de provisión

47 Servicios de las funciones de regulación

52 Servicios de las funciones de hábitat

55 Servicios de las funciones culturales

57 La importancia de valorar los servicios ecosistémicos de los bosques sobre ecosistemas costeros

59 LOS ECOSISTEMAS

60 III. Bosques y selvas en las dunas

63 Los sistemas de dunas de Veracruz

64 Las selvas y bosques

- 64 *Selva baja caducifolia de uvero o uva de playa (Coccoloba uvifera)*
- 66 *Selva baja de uvero (Coccoloba humboldtii)*
- 67 *Selva baja caducifolia*
- 69 *Selva mediana subcaducifolia de ramón u ojite (Brosimum alicastrum)*
- 69 *Selva mediana subperennifolia de zapote (Manilkara zapota)*
- 69 *Selva mediana de ébano (Terminalia buceras)*
- 71 *Bosque de encino tropical (Quercus oleoides)*
- 72 Hacia el establecimiento de selvas en las dunas
- 72 *Vegetación secundaria o acahual en las dunas costeras*
- 73 *Los matorrales de las dunas*
- 75 *De un bosque de casuarinas (pino de mar) a una selva*

76 **IV. Manglares, selvas inundables y humedales herbáceos**

- 76 Distribución de los humedales en Veracruz
- 76 Distribución y gradientes en la zona costera
- 78 Tipos de humedales arbóreos en Veracruz
- 82 Tipos de humedales herbáceos en Veracruz
- 83 Los humedales y su relación con el ambiente
- 83 La hidrología y la fluctuación del nivel del agua
- 83 Los hidroperíodos de los distintos tipos de humedales
- 89 La salinidad
- 90 Conservación y restauración de los humedales

95 **LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS**

96 **V. La conectividad del paisaje**

- 97 Consecuencias de la fragmentación del hábitat
- 99 Deforestación y fragmentación de selvas
- 100 El arbolado de potreros y campos agrícolas tropicales
- 101 Árboles aislados como indicadores de conectividad
- 106 Diseño de paisajes antrópicos con base en la conectividad

109 **VI. La productividad**

- 110 Metodología
- 110 Productividad de los manglares, de las selvas inundables y del palmar
- 117 Productividad (biomasa) de los humedales herbáceos
- 117 Productividad de las selvas y matorrales de las dunas costeras
- 118 La productividad en la zona costera
- 119 Consideraciones finales

121 **VII. Almacenes de carbono en selvas inundables, manglares, humedales herbáceos y potreros inundables**

- 122 Sitios de muestreo
- 123 Almacén de carbono en el suelo
- 123 Almacén de carbono en biomasa aérea y raíces
- 124 Resultados
- 124 *Contenido de carbono en biomasa aérea y raíces de las especies de plantas de los humedales de la costa de Veracruz*

- 124 *Almacén de carbono en biomasa aérea*
- 124 *Almacén de carbono en raíces*
- 124 *Almacén de carbono en suelo*
- 128 Discusión
- 128 Conclusiones

- 130 **VIII. Servicios hidrológicos de los suelos de humedal:
la capacidad de almacenamiento de agua**
- 130 Mecanismos que controlan la retención de agua en el suelo
- 133 Servicios ecosistémicos (SE) que dependen de la capacidad de retención de agua del suelo
- 135 Factores relacionados con la capacidad de almacenamiento de agua del suelo
- 137 Variación en la capacidad de almacenamiento de agua de los suelos de humedales de la planicie costera de Veracruz
 - 137 *Selvas inundables*
 - 138 *Manglares*
 - 138 *Popales*
 - 139 *Potreros*
 - 140 *Palmar*
 - 140 *Todos los sitios*
- 141 Relaciones entre las propiedades de los suelos en los humedales estudiados
- 142 Conclusiones

- 143 **IX. La filtración y depuración del agua**
- 143 El agua en los humedales
- 145 Cómo se forman y funcionan los humedales
- 146 Calidad del agua en los humedales
- 146 Funciones hidrológicas y de control de agua de los humedales, base de los servicios ecosistémicos
 - 147 *Control de inundaciones*
 - 147 *Recarga y descarga de aguas subterráneas*
 - 147 *Los humedales y la calidad del agua*
- 148 Estudios en humedales costeros en la zona de Veracruz
- 150 Hidrogramas y calidad del agua en tres desarrollos habitacionales de la cuenca baja del río Jamapa (municipios de Veracruz-Boca del Río-Medellín)
- 154 Servicios ecosistémicos proporcionados por la vegetación hidrófita: control de nutrientes y depuración del agua
- 157 Remoción de nutrientes por dos especies de vegetación acuática libre flotadora (*Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*) y las especies arbóreas (*Annona glabra* y *Pachira aquatica*)

- 160 **X. El aprovisionamiento**
- 161 Área de estudio
- 161 Metodología
- 162 Bienes y productos que proporcionan los ecosistemas costeros
 - 162 *Los humedales y las dunas*
 - 163 *Los árboles*
 - 168 *La leña*
 - 169 *Las palmeras*
 - 173 *Recursos de ecosistemas transformados a agricultura y ganadería*
 - 174 *Plantas medicinales*
 - 175 *La fauna silvestre*

- 178 Recursos de lagunas de agua dulce y salobre
- 178 *Sistema Lagunar de Alvarado*
- 179 *Laguna La Mancha*
- 179 *Laguna El Apompal*
- 179 *Laguna de Tampamachoco*
- 180 Los ecosistemas costeros para la seguridad alimentaria y la calidad de vida
- 181 Factores que están disminuyendo los recursos de aprovisionamiento
- 182 Algunas propuestas para disminuir los factores que disminuyen los recursos naturales y contribuir a la seguridad alimentaria

185 VALOR ECONÓMICO Y SU DISTRIBUCIÓN

186 **XI. Valor económico de los ecosistemas**

- 186 Definición de los servicios ecosistémicos
- 186 Clasificación de los servicios ecosistémicos
- 187 Síntesis de los métodos de valoración económica
- 188 *Valoración económica: directa e indirecta*
- 190 Métodos por servicio ecosistémico valorado
- 190 *Métodos para estimar el valor comercial*
- 190 *Valor comercial: reducción de emisiones de carbono*
- 190 *Costo evitado por bienes sustitutos*
- 190 *Costo de los daños evitados y/o asumidos*
- 191 *Conectividad/restauración propia del ecosistema*
- 191 *Almacenamiento y oferta de agua*
- 191 *Pesca ribereña*
- 192 *Información / ciencia y academia*
- 192 *Pago por conservación de humedales costeros*
- 196 Estandarización de los valores monetarios
- 196 Resultados de la valoración económica de humedales y manglares (casos de estudio)
- 198 Discusión

204 **XII. La distribución de los servicios ecosistémicos**

- 204 Introducción
- 204 Método
- 205 *Generación de las capas de uso de suelo y vegetación*
- 208 *Asignación de los valores de las evaluaciones ecológicas y de las valoraciones económicas*
- 213 Distribución geográfica y evaluación y valoración económica de los servicios ecosistémicos
- 213 *La Mancha, municipio de Actopan*
- 217 *Sistema Lagunar de Alvarado*
- 248 *Municipio de Tecolutla y Reserva Estatal de Ciénaga del Fuerte*
- 274 Consideraciones finales

277 LAS CONSECUENCIAS

278 **XIII. La pérdida de servicios ecosistémicos**

- 278 Los cambios en el uso del suelo y el grado de impacto
- 279 La potrerización de dunas y humedales

286	Efecto del cambio de uso de suelo en el servicio ambiental de secuestro de carbono
289	La disminución de la resiliencia de las selvas de la planicie costera y de las dunas
290	La urbanización
294	Conservación, restauración y recuperación de los servicios ecosistémicos: una alternativa
294	<i>Recuperación en el bajo Papaloapan de pesquerías y almacenamiento de carbono</i>
297	<i>Recuperar la conectividad: árboles en pie y cercas vivas, base de la reforestación</i>
298	<i>La recuperación de servicios de control de inundaciones en Tecolutla y en el Puerto de Veracruz</i>
299	XIV. La restauración ecológica de la cobertura arbórea en pastizales abandonados
300	Dispositivos nucleadores
300	<i>Perchas artificiales</i>
301	El área de estudio
303	Método
303	<i>Vegetación bajo perchas y en pastizal abierto</i>
305	Resultados
305	<i>Predio acahual</i>
307	<i>Vegetación bajo las perchas y en pastizal abierto</i>
307	Discusión
310	Conclusión
311	EL FUTURO
312	XV. La conservación de los servicios ecosistémicos y el cambio climático: algunas alternativas
312	Introducción
315	<i>Objetivo</i>
316	Las zonas rurales y el cambio climático. Estudios de percepción y el futuro
316	Estrategias emanadas de los resultados de este proyecto
316	<i>Adaptación por ecosistemas</i>
317	<i>Organización de grupos</i>
319	<i>Políticas de gobierno</i>
319	<i>Ordenamientos y Manifestaciones de Impacto Ambiental</i>
319	<i>Pago por servicios ecosistémicos</i>
321	<i>Estudios de caso</i>
321	<i>Caso 1. La producción pesquera del Complejo Lagunar de Alvarado.</i>
323	<i>Caso 2. La producción de caña de azúcar en los humedales de Alvarado.</i>
323	<i>Caso 3. Las inundaciones en el Puerto de Veracruz.</i>
326	XVI. Conclusiones
328	Lista de especies mencionadas
334	Referencias

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS
de las Selvas y Bosques
Costeros de Veracruz



An aerial photograph of a vast desert landscape. The foreground shows a dark, rocky coastline with white foam from waves crashing against the shore. The middle ground is dominated by large, rolling sand dunes with distinct wind-swept patterns. The background shows a wide, flat desert plain extending to the horizon under a clear sky. The text "LOS ECOSISTEMAS" is centered in the upper half of the image.

LOS ECOSISTEMAS

III. BOSQUES Y SELVAS EN LAS DUNAS

Gonzalo Castillo-Campos, Patricia Moreno-Casasola y Javier Laborde Dovalí

La vegetación que se desarrolla sobre las dunas costeras de Veracruz es bastante diversa, de acuerdo a la heterogeneidad microambiental que en ellas se presenta. En general está integrada por comunidades herbáceas entre las cuales destacan los pastizales caracterizados por los géneros *Sporobolus*, *Schyzachyrium*, *Andropogon* y *Panicum*. También hay algunas comunidades subacuáticas que se establecen en las hondonadas de las dunas, donde hay espejos de agua o el manto freático es superficial. En estos sitios es común ver los tulares representados principalmente por los géneros *Typha*, *Cyperus* y *Juncus* (Figura 18); los carrizales por los géneros *Phragmites* y *Cladium* y los popales por *Thalia*, *Pontederia* y *Sagittaria*. También son notables las comunidades arbustivas que forman matorrales en las dunas o sitios de contacto entre los bosques, selvas y los pastizales presentes en las dunas costeras de Veracruz. Los bosques y selvas son otro tipo de comunidades que se establecen sobre las dunas y que debieron haber sido mucho más frecuentes pero hoy en día solamente quedan algunos manchones. Su descripción es el tema del presente capítulo.

Los bosques del género *Casuarina*, comúnmente conocidos como pinares o pino de los tontos, están mal llamados con esos términos; en la realidad este género no pertenece al grupo de las Gymnospermae, es decir a los pinos. Esta especie de árbol es originario de Australia y es introducido en las dunas para contener el movimiento de la arena en las costas veracruzanas y otras regiones tropicales (Moreno-Casasola *et al.*, 2013), donde es común ver bosques arbóreos formados por casuarina (*Casuarina equisetifolia*). Es una especie arbórea de vida corta (30-40 años), y cuando concluye su período de vida, si las condiciones son favorables (suelo con mucha humedad durante el año), un bosque de *Casuarina* puede promover el establecimiento de un bosque natural sustituyendo al bosque de *Casuarina* que artificialmente había sido introducido.

Los bosques o selvas establecidas en las dunas son comunidades vegetales muy diversas y muy fragmentadas actualmente. Entre las más notables se tiene el bosque de encino (*Quercus oleoides*) que es la única especie de encino en México que crece en bajas altitudes hasta el nivel del mar. En las dunas este bosque estuvo bien representado, aunque en la actualidad está muy fragmentado. Sin embargo, en algunas zonas de la Laguna de Tamiahua se encuentra en buen estado de conservación (Figura 19).

Figura 18. Cyperáceas y Juncáceas que se establecen en la localidad de La Ribera de la Laguna de Tamiahua, Veracruz.
Fotografía: Gonzalo Castillo-Campos.





Figura 19. Tronco de *Quercus oleoides* (encino) característico de los fragmentos de los encinares localizados en Tamiahua. Fotografía: Gonzalo Castillo-Campos.

La selva baja caducifolia es muy variable a lo largo de las dunas costeras, dependiendo de la frecuencia y dominancia de las especies arbóreas que la integran. El norte de la Laguna de Tamiahua (La Ribera) está caracterizada por árboles de uvero (*Coccoloba uvifera*) (Figura 20, 21). Asimismo, cerca de Vega de Alatorre predomina otra especie de uvero (*Coccoloba humboldtii*). En el centro de Veracruz, esta comunidad vegetal está mejor representada por el palo mulato o chaca (*Bursera simaruba*) (Figura 23) y tepeguaje o guajillo (*Lysiloma divaricatum*) (Castillo-Campos y Medina, 2002, 2005; Castillo-Campos y Travieso-Bello, 2006).

Otra comunidad es la selva mediana subcaducifolia, la cual se encuentra bien representada en la reserva natural de La Mancha (Centro de Investigaciones Costeras La Mancha), en donde el ramón u ojite (*Brosimum alicastrum*) es una de las especies arbóreas más características (Castillo-Campos y Medina, 2002, 2005). La selva mediana de chico zapote (*Manilkara zapota*) en las dunas de la Laguna de Tamiahua y la selva mediana de ébano (*Terminalia buceras*) que se localiza en los canales interconectados de las hondonadas de las dunas en la Laguna de Tamiahua, están representados hoy día solo por unos cuantos manchones.

Los sistemas de dunas de Veracruz

Las dunas costeras son sistemas altamente dinámicos. Este dinamismo depende sobre todo, del transporte de sedimentos por el viento y, en menor grado por las marejadas de tormentas. Las playas y dunas intercambian sedimentos continuamente y son interdependientes. Aunque existen dunas de muchos tamaños y formas, todas se generan de la misma manera. Cada duna es un montículo de arena que se mueve y acumula arena como resultado de la acción del viento.

Además de la propia altura y forma de las plantas, el movimiento de la arena de las dunas se ve muy afectado por la cantidad de plantas que hay y la superficie que cubren (cobertura vegetal), ya que el proceso de saltación (movimiento de los granos de arena mediante el cual un grano cae sobre otro y hace que salte y así sucesivamente) no puede dar inicio bajo las plantas, donde la velocidad del viento se ha reducido notablemente. Generalmente, las dunas más retiradas de la costa son las que tienen una mayor cobertura vegetal y por ende, son las que se mueven menos, es decir, están más estabilizadas. Lo anterior se debe a que estas dunas son más antiguas, y por lo tanto las plantas han tenido más tiempo para colonizar la arena y crecer. Además, el impacto de los vientos fuertes es menor en las dunas ubicadas tierra adentro, lo que también es favorable para el crecimiento de la vegetación y la disminución del movimiento de arena.

Con el tiempo las dunas costeras se forman y adquieren diferentes formas que son el resultado de procesos de deposición y de acumulación de arena, así como de su interacción con las plantas. De acuerdo con sus características topográficas y la manera en que se mueven, las dunas se han clasificado en cuatro tipos principales (Martínez *et al.*, 2014): 1) dunas embrionarias o frontales, es decir montículos de arena relativamente pequeños y aislados, que generalmente se encuentran más cercanos al mar, orientados paralelos a la costa. Las dunas frontales se forman mediante la unión de dunas embrionarias y gracias a la rápida intervención de las plantas en la disminución de la velocidad del viento. Son cordones de dunas paralelos a la línea de costa, de longitud variable. Pueden medir solo unos cuantos metros de longitud o alcanzar varios kilómetros a lo largo del litoral costero; 2) hondonadas, son el resultado de procesos erosivos, y se encuentran en las partes más bajas de los sistemas de dunas y frecuentemente presentan mayor humedad por su cercanía al manto freático; 3) dunas parabólicas son dunas en forma de “U” invertida y semejan una parábola y generalmente son semimóviles o estabilizadas; 4) dunas transgresivas son conjuntos de dunas que están avanzando (o que han avanzado) tierra adentro o a lo largo de la costa y que tienen una cubierta de vegetación muy escasa o nula.

Veracruz es uno de los estados con mayores sistemas de dunas costeras, en todos los sentidos: extensión, penetración tierra adentro y altura. Tiene cuatro tipos de dunas: frontales, parabólicas, transgresivas con hondonadas, las cuales, en conjunto, suman casi 106,092 ha. Ocupa el primer lugar en cuanto a extensión de dunas parabólicas, el tercero en extensión de dunas transgresivas y el sexto en extensión de dunas frontales. Sus hondonadas además llegan a formar lagos permanentes de agua dulce. El porcentaje de superficie que cubren los primeros tres tipos de dunas es similar: las dunas frontales cubren un 33% de la superficie, las parabólicas el 37% y las transgresivas el 30%. Entre las dos primeras predominan las estabilizadas, mientras que entre las transgresivas el 59% se encuentran estabilizadas, el 2% están semimóviles y el 41% móviles (Martínez *et al.*, 2014).

La vegetación que crece en las dunas costeras presenta características particulares que le permite crecer sobre suelos básicamente arenosos y que son afectados constantemente por el viento y el movimiento del sustrato, con nutrientes escasos y poca capacidad para retener agua. En las zonas con mucho movimiento de arena las plantas son hierbas, generalmente rastreras o arbustos bajos y en zonas más secas hay hierbas con hojas carnosas y algunos pastos. En las dunas de mayor edad, con una cubierta vegetal extensa, es decir en las dunas frontales y parabólicas más estabilizadas, pueden incluso desarrollarse selvas tropicales y bosques.

Las selvas y bosques

Gran parte de las dunas de Veracruz se han convertido en potreros para pastoreo de ganado. Ha desaparecido gran parte de la cubierta boscosa y hoy en día solamente quedan remanentes de las selvas y bosques que cubrieron estos sistemas. En este sentido, la presente contribución muestra la riqueza no solamente florística sino de tipos de comunidades leñosas que pueden establecerse en los distintos tipos de dunas costeras y del potencial que existe en estos ecosistemas para un manejo forestal, además de mantener los servicios ecosistémicos (SE) de protección de la costa inherentes a las mismas. A continuación se describen brevemente las diferentes comunidades vegetales establecidas en las dunas costeras de Veracruz.

- *Selva baja caducifolia de uvero o uva de playa (Coccoloba uvifera)*

Este tipo de vegetación se desarrolla en las dunas costeras de la Laguna de Tamiahua al norte del estado de Veracruz. Es una comunidad vegetal leñosa que se encuentra en buen estado de conservación, aunque poco diversa, donde el estrato arbóreo no supera los 12 m de alto. La diversidad alfa varía de 2 a 6 especies leñosas por 100 m², caracterizada principalmente en el estrato arbóreo por el uvero o uva de playa (*Coccoloba uvifera*) (Figura 20) y laurelillo o capulincillo (*Nectandra salicifolia*) como especies dominantes y más frecuentes; se asocian con otras especies menos frecuentes como crucetilla o jicaquillo (*Randia tomatillo*, también reportada como *R. laetevirens*), icaco o jicaco (*Chrysobalanus icaco*) y palo mulato o chaca (*Bursera simaruba*). En el estrato arbustivo destacan por su frecuencia la uña de gato o zarza cayuco (*Caesalpinia bonduc*), el cornizuelo o huizache (*Acacia cornigera*) y *Schaefferia frutescens*.

La selva baja de uva o uvero en la localidad de La Ribera al norte de la Laguna de Tamiahua, es probablemente la única comunidad vegetal de este tipo que queda en México y que se encuentra en buen estado de conservación (Figura 21). Sin embargo, es importante mencionar que este tipo de bosque está fuertemente amenazado por la extracción de madera para combustible, considerando que la madera del uvero (*C. uvifera*) es muy apreciada por la población local como leña o especie energética para cocinar los alimentos.



Figura 20. Árbol de *Coccoloba uvifera*, que caracteriza a la selva baja caducifolia de uvero o uva de playa, ubicada al norte de la Laguna de Tamiahua. Fotografía: Gonzalo Castillo-Campos.



Figura 21. Selva baja del uvero o uva de playa (*Coccoloba uvifera*) en las dunas de La Ribera de La Laguna de Tamiahua, Veracruz. Fotografía: Gonzalo Castillo-Campos.

- *Selva baja de uvero (Coccoloba humboldtii)*

La selva baja de uvero o *Coccoloba humboldtii* es una comunidad vegetal establecida en las dunas costeras cerca de Vega de Alatorre. Es una comunidad vegetal poco diversa en el estrato arbóreo y arbustivo, variando de 4 a 14 especies por 100 m². El estrato arbóreo mide de 4 a 15 m de altura y está caracterizado principalmente por el uvero (*C. humboldtii*) asociado con otros árboles como capulín (*C. liebmanni*), laurelillo (*Nectandra salicifolia*), *Ternstroemia tepezapote*, higo o higuera colorada (*Ficus obtusifolia*), chaca o palo mulato (*Bursera simaruba*) y cocuite (*Gliricidia sepium*). El estrato arbustivo está caracterizado por crucetilla (*Randia tomatillo*), *Schaefferia frutescens*, icaco (*Chrysobalanus icaco*) y cornizuelo (*Acacia cornigera*). En este tipo de vegetación es notable la presencia de *Ternstroemia tepezapote* como una de las especies arbóreas características y dominantes de esta selva baja (Figura 22).



Figura 22. En la selva baja caracterizada por el uvero o *Coccoloba humboldtii*, es común ver árboles sobresalientes con troncos gruesos de *Ternstroemia tepezapote* en las dunas cercanas a Vega de Alatorre, Veracruz. Fotografía: Gonzalo Castillo-Campos.

- *Selva baja caducifolia*

Este tipo de vegetación se encuentra bien definido en las dunas más antiguas de la reserva de La Mancha en el centro de Veracruz y algunos fragmentos que aún quedan en las dunas al sur de Alvarado (Castillo-Campos y Medina, 2002; Castillo-Campos y Travieso-Bello, 2006). Es una comunidad vegetal integrada por un estrato arbóreo y un arbustivo, con una altura variable de 4 a 12 m. El estrato arbóreo está caracterizado principalmente por palo mulato o chaca (*Bursera simaruba*) (Figura 23), tepeguaje o guajillo (*Lysiloma divaricata*), palo de rabia o tullidora (*Karwinskia humboldtiana*), uvero (*Coccoloba barbadensis*) y duraznillo (*Elaeodendron trichotomum*). El estrato arbustivo está representado por cerecilla (*Crossopetalum uragoga*), nigüilla (*Chiococca alba*), hierba de cargalito (*Psychotria erythrocarpa*), icaquillo o jicaquillo (*Randia aculeata*) y *Schaefferia frutescens*.



Figura 23. El palo mulato o chaca (*Bursera simaruba*) es una de las especies que caracterizan a la selva baja caducifolia establecida en las dunas costeras del centro de Veracruz. Fotografía: Gonzalo Castillo-Campos.



Figura 24. En la selva mediana subcaducifolia establecida en las dunas de La Mancha, es común ver los troncos del ramón (*Brosimum alicastrum*). Fotografía: Gonzalo Castillo-Campos.

- *Selva mediana subcaducifolia de ramón u ojite (Brosimum alicastrum)*

Este tipo de vegetación se encuentra bien representado en las dunas más antiguas de la reserva natural de la Mancha (Castillo-Campos y Medina, 2002; Castillo-Campos y Travieso-Bello, 2006) en el centro del estado de Veracruz. En este tipo de vegetación se logran diferenciar tres estratos, que varían en la altura de sus elementos. En el estrato arbóreo se presentan algunas especies que sobrepasan los 20 m, sobresaliendo del dosel superior. Entre las especies arbóreas más frecuentes se encuentran el ramón (*Brosimum alicastrum*) (Figura 24), higuera (*Ficus cotinifolia*), cedro rojo (*Cedrela odorata*), guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), entre otros. El estrato medio está caracterizado por el laurelillo (*Nectandra salicifolia*), uvero (*Coccoloba humboldtii*), cordoncillo (*Piper amalago*), hoja de pepe (*Crataeva tapia*), duraznillo (*Elaeodendron trichotomum*) y palo verde o frutillo (*Ehretia tinifolia*). El estrato arbustivo está representado por cerecilla (*Crossopetalum uragoga*), hierba de cargapalito (*Psychotria erythrocapa*), *Schaefferia frutescens* y capulincillo (*Eugenia capuli*). También son frecuentes algunas lianas como panza de vaca (*Agdestis clematidea*), *Cydista aequinoctialis*, barajilla o mata piojo (*Hippocratea celastroides*), *Mansoa hymenaea*, *Rourea glabra*, guamuchillo (*Paullinia tomentosa*), *Tetracera volubilis* y *Vitis bourgaena*. En este tipo de comunidades vegetales aún se están encontrando nuevas especies de árboles y arbustos que no se conocían para la ciencia (Castillo-Campos y Medina, 1998 y 2003).

- *Selva mediana subperennifolia de Manilkara zapota*

La selva de chicozapote o sapodilla (*Manilkara zapota*) es una comunidad vegetal que se encuentra en buen estado de conservación en los manchones de Tamiahua, caracterizada en el estrato arbóreo principalmente por chicozapote. El estrato arbóreo varía en altura de 15 a 25 m (Figura 25), caracterizado por ramón u ojite (*Brosimum alicastrum*), *Calyptanthes karwinskiana*, *Faramea occidentalis*, chicozapote (*M. zapota*) y *Alchornea latifolia*. El estrato arbustivo mide de 1 a 5 m de altura; está dominado por *Psychotria quinqueradiata*, capulincillo (*Eugenia capuli*), *Psychotria gardenioides* y *Cestrum nocturnum*. Esta comunidad vegetal se encuentra establecida en las áreas planas de las dunas. Es una comunidad vegetal diversa, tiene una riqueza o diversidad alfa variable de leñosas de 16 a 32 especies por 100 m². En una superficie de 1900 m², se encuentran cerca de 62 especies donde la mayoría son árboles.

- *Selva mediana de ébano (Terminalia buceras)*

La selva de ébano (*Terminalia buceras*) es una comunidad vegetal que se establece en las hondonadas o canales interconectados de las depresiones de las dunas costeras de la Laguna de Tamiahua, donde el agua es permanente o semipermanente. El estrato arbóreo mide de 15 a 25 m de altura, y está representado principalmente por el ébano (*T. buceras*) (Figura 26), *Ardisia densiflora*, zapote negro (*Diospyros nigra*), *Sapindus saponaria* y *Tabernaemontana alba*. El estrato arbustivo está caracterizado por *Psychotria quinqueradiata*, *Ouratea nitida*, *Ardisia compressa* y capulincillo (*Eugenia capuli*). En esta comunidad vegetal las lianas son abundantes; entre las más comunes están *Hippocratea volubilis*, mucal o junco (*Dalbergia brownii*), *Doliocarpus dentatus*, *Rourea glabra* y *Pisonia aculeata*. La mayoría de las especies de árboles de esta comunidad vegetal son características de ambientes ribereños o de humedales costeros (Figura 26).

En las costas veracruzanas este tipo de vegetación solo se encuentra en la Laguna de Tamiahua y en buen estado de conservación. Sin embargo, también se encuentra fuertemente amenazado porque la especie del ébano que es dominante (*Terminalia buceras*) es de gran interés maderable. Localmente se utiliza para postes en los linderos de los potreros. El uso maderable de esta especie está provocando una disminución considerable de sus poblaciones.



Figura 25. En esta figura se pueden apreciar los troncos de los árboles de chicozapote (*Manilkara zapota*) que caracterizan a la selva mediana en las dunas de la Laguna de Tamiahua. Fotografía: Gonzalo Castillo-Campos.



Figura 26. Árboles del ébano o *Terminalia buceras* y el ambiente donde se desarrollan. Fotografía: Gonzalo Castillo-Campos.

- *Bosque de encino tropical (Quercus oleoides)*

El encinar tropical de *Quercus oleoides* es una comunidad vegetal de encino que llega hasta la costa del Golfo de México y se ha establecido sobre las dunas costeras de Veracruz. Es un tipo de vegetación diverso en su estructura florística, variando de 16 a 28 especies por 100 m², con un estrato arbóreo que va de los 8 a los 20 m de altura, caracterizado principalmente por el encino (*Q. oleoides*), *Calyptanthes karwinskiana*, higo o higuera colorada (*Ficus obtusifolia*), *Faramea occidentalis*, laurelillo (*Nectandra salicifolia*), *Ardisia compressa* y *Psychotria quinquerradiata*. El estrato arbustivo mide de 1 a 3 m de alto donde las especies más frecuentes son *Psychotria gardenioides*, *Ouratea nitida* y capulincillo (*Eugenia capuli*). El encinar o los encinares establecidos en las dunas están fuertemente amenazados, porque su madera es utilizada para hacer carbón y como leña o combustible en la preparación de los alimentos. En las dunas de la Laguna de Tamiahua se encuentran los fragmentos de los encinares tropicales en mejor estado de conservación (Figura 19).

En el mapa de la Figura 27 se ubican los principales manchones de bosques y selvas que aún se localizan en el estado de Veracruz. Como puede verse, solamente son manchones dispersos en este extenso sistema.

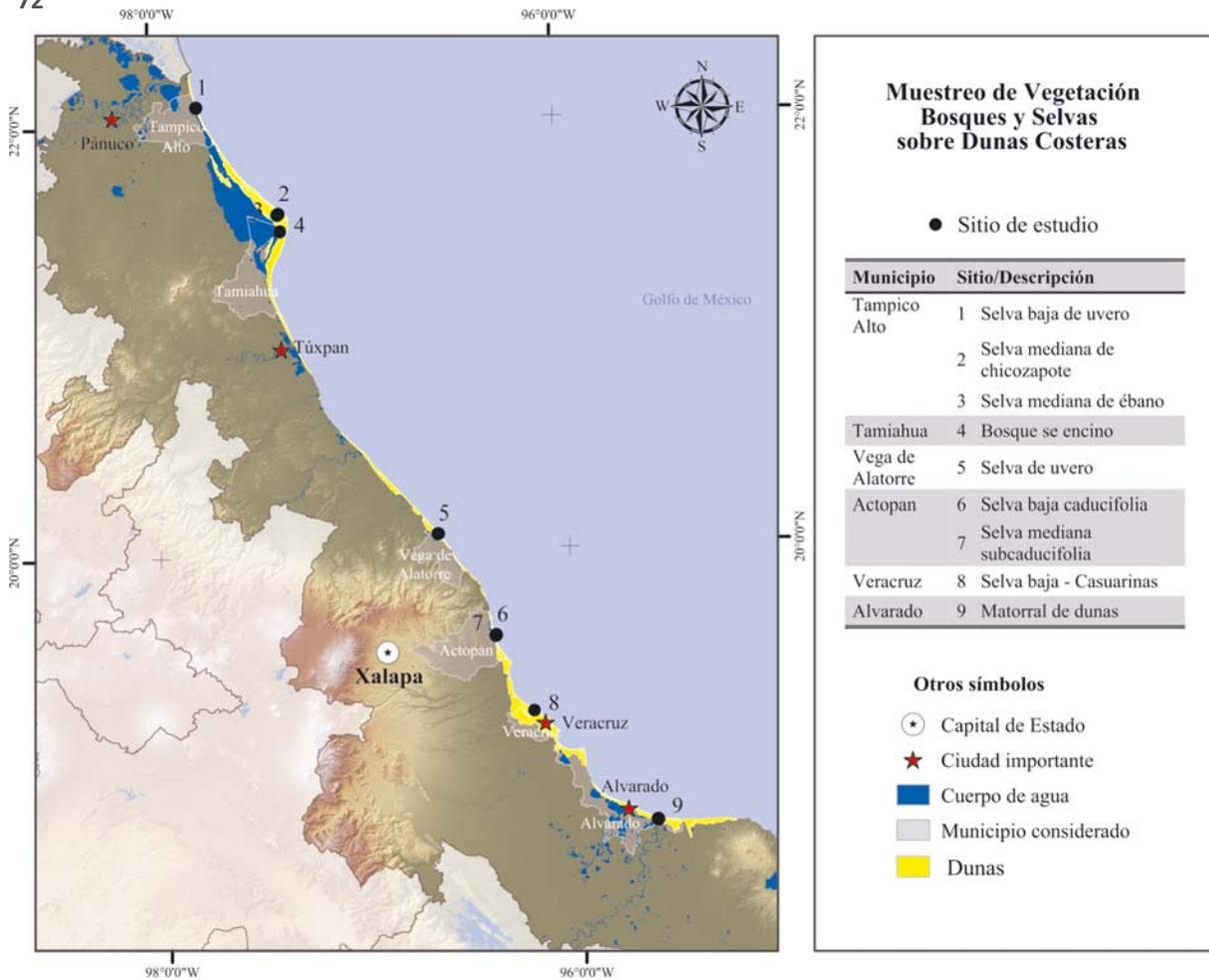


Figura 27. Localización de los sitios de muestreo de la vegetación. Elaborado por: Roberto Monroy.

Hacia el establecimiento de selvas en las dunas

- *Vegetación secundaria o achual en las dunas costeras*

La vegetación secundaria en las dunas costeras es un tema muy poco estudiado (González y Moreno-Casola, 1982). Sin embargo, tan recientemente como es en la última década, se le empezó a poner atención a ese grupo de plantas. Hace un poco menos de 20 años se inició la recuperación de la vegetación natural en un potrero ganadero, en el centro de Veracruz, excluyéndolo del pastoreo del ganado y favoreciendo la recuperación de la vegetación nativa. El achual caracterizado por la vegetación secundaria, tiene una edad de 17 años de recuperación (Capítulo XIV).

Esta comunidad vegetal es diversa, con una riqueza variable de 8 a 38 especies por 100 m². Está caracterizada por presentar un estrato arbóreo no mayor de 12 m de altura, donde es común el cedro rojo (*Cedrela odorata*), palo mulato o chaca (*Bursera simaruba*), quebracho o palo amarillo (*Diphysa robinoides*) y guácimo o guázamo (*Guazuma ulmifolia*), como especies arbóreas dominantes y más frecuentes. En el estrato arbustivo es frecuente encontrar chamiso (*Casearia corymbosa*), cordoncillo

(*Piper amalago*), tronadora (*Tecoma stans*), cerecilla (*Crossopetalum uragoga*), hierba de cargapalito (*Psychotria erythrocarpa*), *Jacquinia macrocarpa* y *Malpighia glabra*. También son muy comunes las lianas, de las cuales algunas llegan a medir hasta 20 m de longitud como *Pisonia aculeata*, *Gonolobus fraternus*, *Petrea volubilis* y barajilla o mata piojo (*Hippocratea celastroides*).

Por la presencia de las especies que están integrando la estructura del acahual, que en su mayoría también forman parte de la estructura de la vegetación original, con excepción del quebracho o palo amarillo (*Diphysa robinoides*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*) y tronadora (*Tecoma stans*), se puede decir que es un acahual que se encuentra en una etapa avanzada de recuperación.

- *Los matorrales de las dunas*

Las primeras plantas que se establecen en las dunas toleran las condiciones drásticas que caracterizan estos ambientes. Constituyen especies fijadoras o estabilizadoras de dunas y actúan como barreras que disminuyen la velocidad del viento, atrapando los granos de arena entre sus ramas y sobre todo, crecen con más vigor cuando están sujetas a acumulación de arena. En estas etapas forman una cubierta herbácea con pastos, rastreras y arbustos muy bajos. A través del mecanismo de facilitación se inicia el proceso de sucesión en las dunas. Este modelo plantea que el reemplazo de especies durante la sucesión es ayudado o facilitado por cambios ambientales producidos por los organismos presentes en la etapa sucesional anterior. Las primeras plantas arbustivas que favorecen la sucesión se conocen como especies nucleadoras. Entre ellas, las más comunes en las dunas de Veracruz son el palo amarillo o quebracho (*Diphysa robinoides*), la crucetilla (*Randia tomatillo*) y el nopal (*Opuntia stricta* var. *dillennii*). La cubierta continua de vegetación estabiliza el suelo y evita el movimiento de arena, se hacen menos drásticas las fluctuaciones de temperatura y humedad y se incrementan los nutrientes (ver Capítulo XIV).

Al principio se forman matorrales bajos y dispersos, con pocos individuos y pobres en especies, con un dosel abierto que deja pasar la luz. Las primeras especies de arbustos que llegan tienen semillas dispersadas por viento (palo amarillo) o por aves (crucetilla y nopal). Conforme avanza la sucesión, las aves juegan un papel importante en el enriquecimiento en especies del matorral, ya que funcionan como zonas de percheo y refugio (Moreno-Casasola y Vázquez, 2006). Comienzan a aparecer lentamente otros arbustos que van enriqueciendo el matorral y cerrando el dosel. Córdoba (1991) y López Ramírez (2007) encontraron que entre las especies más frecuentes están el guayabo (*Psidium guajava*), guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), chaca (*Bursera simaruba*), huizache (*Acacia farnesiana*), coyol redondo (*Acrocomia aculeata*), cedro (*Cedrela odorata*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*), capulincillo (*Eugenia capuli*) e icaco (*Chrysobalanus icaco*), éste último sobre todo en las partes más húmedas o aún inundadas.

Las especies que funcionan como núcleos atraen aves que perchan en sus ramas y defecan semillas que posteriormente germinan y se inicia un proceso de enriquecimiento de los matorrales con otras especies. Ramírez-Pinero y Guevara (2015) elaboraron un manual mostrando el uso de perchas artificiales para acelerar la formación de matorrales en las dunas (Capítulo XIV).

Esta formación de matorrales cerrados produce un paisaje de dunas estabilizadas, donde se mezclan los pastizales con los manchones de matorrales (Figura 28). Poco a poco, a estos matorrales siguen llegando semillas, algunas de las cuales germinan y las plantas llegan a establecerse, incrementando la riqueza de especies y el espacio que ocupan. Por su composición llega un momento en que pueden considerarse como acahuales, aunque no formen una cubierta continua; con el tiempo darán lugar a una selva baja o a una selva mediana como las descritas en la primera parte de este capítulo.



Figura28. Dos paisajes de dunas cubiertas por manchones de vegetación. Fotografía: Gerardo Sánchez Vigil.

- *De un bosque de casuarinas (pino de mar) a una selva*

En los bosques de casuarinas en las hondonadas de dunas, donde hay suficiente humedad, pueden establecerse plántulas de especies de selvas. El pino de mar funciona como una percha, es decir como una especie nucleadora que atrae aves que defecan semillas que germinan y se establecen. Crecen lentamente bajo los árboles, esperando que se abran huecos en el follaje o muera la casuarina para empezar a crecer. Moreno-Casasola *et al.* (2013) al norte del Puerto de Veracruz, encontraron que la riqueza de especies aumenta al incrementarse la edad del bosque de casuarinas, ya que es un proceso de enriquecimiento constante. Cuando esta plantación alcanza su límite de edad, comienzan a morir los árboles dejando el espacio para los árboles de la selva. Este no es un proceso frecuente en las plantaciones de dunas, ya que las hojas de las casuarinas en el suelo liberan sustancias químicas (sustancias alelopáticas) que impiden la germinación de semillas. En los cordones de dunas frontales que constituyen ambientes más secos con mucho movimiento de arena, se encuentran plantaciones de casuarinas, pero no hay establecimiento de plántulas en el sotobosque. En las zonas húmedas de las dunas, por la presencia de la cercanía del manto freático, este proceso no se da y las semillas germinan y se forma una selva.

Esta breve descripción muestra la diversidad de bosques y selvas que se establecen sobre las dunas costeras. Constituye una biodiversidad vegetal importante, que además representa recursos fundamentales para las comunidades locales de las zonas rurales. Lo restringido de su actual ubicación muestra el grado de afectación a que está sujeto el ecosistema de dunas costeras, no solamente por el turismo como siempre se menciona, sino también por el cambio de uso del suelo, la extracción de recursos y la urbanización. Sin embargo, las experiencias de restauración muestran que eliminado el o los factores que causan la alteración, se recupera el bosque con poca intervención humana.