

**Informe final\* del Proyecto R176**  
**Distribución, abundancia, estructura poblacional y potencial reproductor de *Zamia furfuracea* L.**

**Responsable:** Dr. Mario Vázquez Torres

**Institución:** Universidad Veracruzana  
Instituto de Investigaciones Biológicas

**Dirección:** Av Dos Vistas s/n Km 2.5 de la carretera Xalapa-Veracruz, Xalapa, Ver,  
91000 , México

**Correo electrónico:** [savazquez@uv.mx](mailto:savazquez@uv.mx), [ltorres@uv.mx](mailto:ltorres@uv.mx)

**Teléfono/Fax:** (228) 841 8900 Ext. 13418, 841 8910; Fax: 841 8911

**Fecha de inicio:** Septiembre 30, 1998

**Fecha de término:** Junio 6, 2001

**Principales resultados:** Hoja de cálculo, Informe final

**Forma de citar\*\* el informe final y otros resultados:** Vázquez Torres M., Torres Hernández L. y L. H. Bojórquez Galván. 2001. Distribución, abundancia, estructura poblacional y potencial reproductor de *Zamia furfuracea* L. Universidad Veracruzana. Instituto de Investigaciones Biológicas. **Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. R176.** México D. F.

**Forma de citar Hoja de cálculo** Vázquez Torres M., Torres Hernández L. y L. H. Bojórquez Galván. 2001. Distribución, abundancia, estructura poblacional y potencial reproductor de *Zamia furfuracea* L. Universidad Veracruzana. Instituto de Investigaciones Biológicas. **Hoja de cálculo SNIB-CONABIO proyecto No. R176.** México D. F.

**Resumen:**

Se realizó una investigación sobre diversos aspectos de demografía y distribución de *Zamia furfuracea* (Cycadales: Zamiaceae), una planta silvestre, endémica, en riesgo de extinción y bajo explotación comercial. Las actividades duraron dos años (de octubre de 1998 a noviembre de 2000). Los muestreos de campo se hicieron en la región costera del centro y sur del estado de Veracruz, abarcando por completo el área de distribución natural de la especie. En el litoral comprendido entre Alvarado y punta El Campanario, cerca de Coatzacoalcos, se establecieron 31 sitios de muestreo dispuestos cada 5 Km y constituidos por cuatro parcelas (40 m X 40 m cada una) contiguas dispuestas sobre un transecto en banda de 150 Km de largo y 40 m de frente siguiendo la línea de playas (lo que incluyó algunos acantilados basálticos). En el sistema de dunas costeras extendido entre el humedal de Alvarado y la sierra de Los Tuxtlas se establecieron 33 sitios de muestreo en diez transectos en banda de diversa longitud (desde 1 Km hasta 7 Km de largo) y 80 m de frente; estos sitios, dispuestos cada kilómetro a partir de los sitios de muestreo del transecto del litoral, constaban de cuatro parcelas contiguas (40 m X 40 m cada una). En una zona de sabana al NW del sistema lagunar de Alvarado, en los espacios habitables por plantas terrestres, se realizó un censo sin delimitar una extensión definida. En cada localidad se contaron las plantas de *Z. furfuracea* y se hicieron observaciones sobre el hábitat. Los datos que se tomaron a cada planta fueron: edad, número de coronas, sexo, número de conos (estróbilos), estado de los conos, tipo de daño, grado de daño y ubicación en un croquis del sitio. Además se hizo un ensayo de germinación con semillas obtenidas de tres parcelas permanentes de muestreo de la costa y las dunas. Se encontró que la población prospera en suelos arenosos, en espacios marginales de matorrales bajos. El hábitat más favorable para la sobrevivencia y con mayor densidad de población es la banda sucesional donde se asientan los primeros matorrales después del área de influencia de mareas en las playas, con densidad promedio estimada de  $6,093.75 \pm 4189.62$  plantas/Km<sup>2</sup> y población total estimada de  $25,593.75 \pm 17,596.38$  plantas de todas las edades. No obstante, en matorrales de dunas de tierra adentro, por haber más

superficie, la población es más numerosa, con densidad promedio estimada de  $2,42.41 \pm 1,449.85$  plantas/Km<sup>2</sup> y población total estimada de  $120,502.23 \pm 85,541.39$  plantas de todas las edades. Las plantas de la zona de sabana parecen corresponder a un morfo distinto, a un híbrido (presumiblemente *Z. furfuracea* X *Z. loddigesii*) o a otra especie. Crecen sobre suelos arcillosos en el sustrato herbáceo de encinares-palmares. La población está reducida (al igual que los encinares) a agregados dispersos y a individuos aislados, remanentes de una población que aparentemente fue mucho más numerosa y extensa. En muestreos al azar dio cero registros, pero un muestreo dirigido a tres agregados mostró alta densidad (~403 individuos/Ha). Las plantas se agrupan en agregados de densidades muy variables. Es posible encontrar desde tres hasta 30 adultos en un área de unos 150 m<sup>2</sup>, aunque no son raras las plantas aisladas. Pueden contarse de 1 a 3 ó 4 agregados en cuadros de 1,600 m<sup>2</sup>, pero al elegir un punto al azar es más probable encontrar que en una extensión similar existen cero individuos. *Zamia furfuracea* es una especie dioica que se reproduce por semilla. Su potencial reproductor es alto: casi 5 veces el tamaño de la población, aunque es disminuido en al menos 20% (pudiendo ser hasta casi el 100% en localidades cercanas a poblados) debido a la sustracción ilegal de germoplasma. El reclutamiento es muy bajo, lo que sugiere una elevada mortandad entre plántulas y juveniles. La mayoría de la población es de adultos jóvenes (menores a 10 años de edad), con una sola corona de frondas. No son raros los individuos de más edad, con dos o más coronas, y pueden encontrarse individuos realmente longevos (con más de 25 coronas), pero tienden a ser escasos. En la mayoría de las plantas no es posible determinar el sexo por ausencia de estructuras reproductoras; entre las que sí, machos y hembras se encuentran en relativa igualdad numérica, si bien los machos parecen sobrevivir por más tiempo. Las causas aparentes de este sesgo en la estructura de la población son la fragmentación, transformación o desaparición del hábitat, así como la progresiva merma de vigor por daños antropogénicos directos (depredación, pisoteo, cortes accidentales) e indirectos (erosión, pisoteo del ganado y mayor exposición a factores adversos -viento, sol, fuego- por pérdida de vegetación protectora asociada). Todo lo anterior confirma que *Zamia furfuracea* es una especie endémica en peligro de extinción. Las medidas de manejo para su recuperación derivadas de la experiencia de campo son: repoblamiento con individuos adultos cultivados en viveros, disminución de la presión extractiva, cumplimiento de las leyes de vigilancia y protección, recuperación ecológica del hábitat, establecimiento de una reserva que incluya una zona de playa y otra de dunas, y ampliación de la investigación para definir la situación taxonómica y de sobrevivencia de la población asentada en suelos arcillosos.

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

## **REPORTE FINAL DE INVESTIGACIÓN CON APOYO FINANCIERO DE LA CONABIO**

Responsables: M. C. Mario Vázquez Torre: [mvazquez@bugs.invest.uv.mx](mailto:mvazquez@bugs.invest.uv.mx)

M. C. Leonel Torres Hernández. [ltorres@bugs.invest.uv.mx](mailto:ltorres@bugs.invest.uv.mx)

Colaborador: Biól. Luis Hermann Bojórquez Galván [hierberito@hotmail.com](mailto:hierberito@hotmail.com)

Proyecto: **Distribución, abundancia, estructura poblacional y potencial reproductor de *Zamia furfuracea* L.**

*Número de referencia del proyecto en la CONABIO FB600/R176/98*

Institución: Universidad Veracruzqda, Avenida Dos Vistas s/n

Fraccionamiento Ampliación de Jardines de las Ánimas

Apartado Postal 294 91000

Xalapa, Ver. México

Fas (2) 8125727

DISTRIBUCIÓN, ABUNDANCIA, ESTRUCTURA POBLACIONAL Y  
POTENCIAL REPRODUCTOR DE *ZIMIA FURFURACEA* L.

Mario Vázquez Torres\*. Leonel Torres Hernández\*\* y Luis Hermann Bojórquez  
Galván\*\*\*

\*mvazquez@bugs.invest.uv.mx. \*\*\*hierberito@hotmail.com.

Instituto de Investigaciones Biológicas. Universidad Veracruzana, Avenida Dos Vistas s/n.  
Fraccionamiento Ampliación de Jardines de las Ánimas. Xalapa. Ver. Apartado Postal 294.  
91000 Xalapa, Veracruz, México. Teléfono y Fax: (2)8125757

RESUMEN

Se realizó una investigación sobre diversos aspectos de demografía y distribución de *Zamia furfuracea* (Cycadales: Zamiaceae), una planta silvestre, endémica, en riesgo de extinción y bajo explotación comercial. Las actividades duraron dos años (de octubre de 1998 a noviembre de 2000). Los muestreos de campo se hicieron en la región costera del centro y sur del estado de Veracruz, abarcando por completo el área de distribución natural de la especie

En el litoral comprendido entre Alvarado y punta El Campanario, cerca de Coatzacoalcos, se establecieron 31 sitios de muestreo dispuestos cada 5 Km y constituidos por cuatro parcelas (40 m X 40 m cada una) contiguas dispuestas sobre un transecto en banda de 150 Km de largo y 40 m de frente siguiendo la línea de playas (lo que incluyó algunos acantilados basálticos). En el sistema de dunas costeras extendido entre el humedal de Alvarado y la sierra de Los Tuxtlas se establecieron 33 sitios de muestreo en diez transectos en banda de diversa longitud (desde 1 Km hasta 7 Km de largo) y 80 m de frente: estos sitios, dispuestos cada kilómetro a partir de los sitios de muestreo del transecto del litoral. Constaban de cuatro parcelas contiguas (40 m X 40 m cada una). En una zona de sabana al NW del sistema lagunar de Alvarado en los espacios habitables por plantas terrestres se realizó un censo sin delimitar una extensión definida.

En cada localidad se contaron las plantas de *Z. furfuraceae* y se hicieron observaciones sobre el hábitat. Los datos que se tomaron a cada planta fueron: edad, número de coronas, sexo, número de conos (estróbilos), estado de los conos, tipo de daño, grado de daño) ubicación en un croquis del sitio. Además se hizo un ensayo de germinación con semillas obtenidas de tres parcelas permanentes de muestreo de la costa y las dunas.

La población prospera en suelos arenoso en espacios marginales de matorrales

bajos. El hábitat más favorable para la sobrevivencia y con mayor densidad de población es la banda sucesional donde se asientan los primeros matorrales después del área de influencia de mareas en las playas, con densidad promedio estimada de 14189.02 plantas/Km<sup>2</sup> y población total estimada de 25.59 3.75+- 17,<sup>5</sup>90.38 plantas de todas las edades. No obstante, en matorrales de dunas de tierra adentro por haber más superficie, la población es más numerosa, con densidad promedio estimada de 2.42.41+-1.449.85 plantas/Km<sup>2</sup> y población total estimada de 120.502.23 ± 85,541 .39 plantas de todas las edades.

Las plantas de la zona de sabana parecen corresponder a un morfo distinto, a un híbrido (pr<sup>o</sup>sumiblemente *Z. furfuracea* x *Z. loddigesii*) o a otra especie. Crecen sobre suelos arcillosos

en el sustrato herbáceo de encinares-palmares. La población está reducida (al Igual que los encinares) a agregados dispersos y a individuos aislados, remanentes de una población que aparentemente fue mucho mas numerosa y extensa. En muestreos al azar dio cero registros, pero un muestreo dirigido a tres agregados mostró alta densidad (-403 individuos/Ha).

Las plantas se agrupan en agregados de densidades muy variables. Es posible encontrar desde tres hasta 30 adultas en un área de unos 150 m<sup>2</sup>, aunque no son raras las plantas aisladas.

Pueden roncarse de 1 a 3 o 4 agregados en cuadros de 1.600 m<sup>2</sup>, pero al elegir un punto al azar es más probable encontrar que en una extensión similar existen cero individuos.

*Z. furfuracea* es una especie dioica que se reproduce por semilla. Su potencial reproductor es alto: casi -5 veces el tamaño de la población. aunque es disminuido en un 20% (y ocasionalmente mucho más) debido a la sustracción ilegal de germoplasma. El reclutamiento es muy bajo, lo que sugiere una elevada mort<sup>a</sup>ndad entre plántulas y juveniles. La mayoría de la población es de adultos jóvenes (menores a 10 años de edad), con una sola corona de frondas. No son raros los individuos de más edad. con dos ó mes coronas. y pueden encontrarse individuos realmente longevos (con más de 25 coronas). pero tienden a ser escasos.

En la mayoría de las plantas no es posible determinar el sexo por ausencia de conos; entre las que sí, machos y hembras se encuentran en relativa igualdad numérica, si bien los machos parecen sobrevivir por más tiempo. Las causa; aparentes de este sesgo en la estructura de la población son la fragmentación, transformación o desaparición del hábitat, así como la progresiva merma de vigor por daños antropogénicos directos (depredación, pisoteo, cortes accidentales) e indirectos (erosión, pisoteo del ganado y mayor exposición a factores adversos - viento, sol, fuego- por pérdida de vegetación protectora asociada.

Todo lo anterior confirma que *Zumia furfuracea* es una especie endémica en peligro

de extinción. Las medidas de manejo para su recuperación derivadas de la experiencia de campo son: repoblamiento con individuos adultos cultivados en viveros, disminución de la presión extractiva, cumplimiento de las leyes de vigilancia y protección, recuperación ecológica del hábitat, establecimiento de una reserva que incluya una zona de playa y otra de dunas, y ampliación de la investigación para definir la situación taxonómica y de sobrevivencia de la población asentada en suelos arcillosos.

## INTRODUCCIÓN

*Zamia furfuracea* es una planta terrestre endémica de la zona costera del centro del estado de Veracruz México. Se encuentra amenazada debido a la continua reducción de sus poblaciones silvestres. La causa principal es la extracción ilegal de plantas y semillas por números indeterminados de campesinos pobres (que saquean tanto predios propios como ajenos). Con esos productos se abastece un mercado negro internacional de plantas ornamentales. Un factor adicional es la transformación del espacio natural en pastizales ganaderos.

Con el fin de disminuir la presión extractiva, de tener plantas controladas desde su origen y de contar con un banco de germoplasma para la reintroducción al medio natural, la Universidad Veracruzana implementó un vivero ejidal en la zona donde habitan estas plantas (Vivero Ciénega del Sur) y supervisa las actividades de otros viveros más. Así, se ha abierto una esperanza para la conservación de la planta en su medio natural y para su comercialización legal. No obstante, el problema aún no está resuelto: se requiere, por un lado, lograr que la comercialización legal resulte más ventajosa que el saqueo y, por otro lado, diseñar un plan de control y de las poblaciones silvestres que a la vez que dificulte la actividad de los saqueadores, también facilite la reintroducción de ejemplares cultivados. Para el cumplimiento de este último aspecto es esencial realizar investigación básica pura conocer las existencias y las condiciones de vida y reproductoras de la planta en su hábitat, datos hasta ahora desconocidos en números desconocidos y que el presente protocolo buscó aportar.

## ANTECEDENTES DEL PROYECTO

Desde hace unos 15 años nuestro equipo de trabajo ha llevado a cabo labores de investigación y formación profesional sobre las Cycadales de México. Con base en financiamientos provenientes de la Universidad Veracruzana y la organización alemana GTZ, que apoya proyectos de desarrollo en países pobres. desde hace casi 10 años los trabajos en este terreno han incluido la gestión e investigación sobre el cultivo de Cycadales. con especial atención de *Z. furfuracea*.

En torno a *Z. furfuracea* dado el carácter urgente impuesto por la sobreexplotación de la población silvestre, nos hemos involucrado en la realización de múltiples actividades orientadas a

su conservación. Como primer esfuerzo se implementó un vivero rústico en el ejido Ciénega del Sur, municipio de Alvarado- Veracruz, donde la extracción ilegal es una costumbre muy extendida entre los pobladores. Posteriormente, siguiendo el ejemplo del viverismo. en cuatro ejidos de los municipios de San Andrés Tuxtla y de Caternaco en 1993 se fundaron sendos viveros con esta misma especie. Fueron establecidos sin documentación legal (no por un espíritu delictivo, sino por ignorancia de los trámites necesarios) a iniciativa de la Dirección General de Asuntos Ecológicos del Estado de Veracruz, bajo la animosa supervisión del biólogo Guillermo Márquez, muerto en un trágico accidente en 1995. Ya desaparecido Márquez, todos esos viveros, y otros más que se fundaron gracias al empeño de los dos investigadores mexicanos especializados en cícadas (M. C. Mario Vázquez Torres y Dr. Andrew Vovides), comenzaron a ser asesorados en aspectos legales y técnicos por la Universidad Veracruzana y el Instituto de Ecología, A. C. Con el cultivo y multiplicación de la especie se pretende reintroducir individuos maduros al medio natural, disminuir la presión extractiva sobre la población silvestre y establecer una actividad comercial lícita y sustentable de explotación de la especie. Como la actividad de todos estos viveros se basa en la extracción de semillas silvestres, se hizo evidente la necesidad de conocer el estado de la población natural y su capacidad de producción semillera, aspectos en los que había un notable vacío de información.

En la zona donde habita *Z. furfuracea* los viveristas se encuentran organizados en ocho sociedades de productores, las cuales reúnen a más de 100 socios cuyas familias suman unas 350 personas potencialmente beneficiadas con tal actividad. Seis de estas sociedades se encuentran agrupadas en la asociación "Plantas y Flores del Golfo". A partir del establecimiento de un convenio de cooperación entre esta asociación y la universidad veracruzana, se planteó la posibilidad de cubrir esta falta de información con la necesaria ayuda de los pobladores locales. Un proyecto de investigación relativamente similar al que aquí se expone -titulado "Aprovechamiento sustentable y conservación de la palma hala (*Zamia furfuracea*), especie endémica protegida, en la zona de Los

Tuxtlas, Veracruz"-, elaborado por nosotros y que recibió financiamiento por parte de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (convenio FB567/Q039/98), surgió a partir de dicho convenio. No obstante, tal proyecto estuvo orientado a analizar únicamente la capacidad semillera de la planta en las áreas de influencia de las sociedades de productores. Los métodos de muestreo (dirigidos y en escalas muy pequeñas), así como el escaso presupuesto y la logística diseñada para el corto plazo en dicho proyecto no permitían hacer más. Sin embargo, los resultados y experiencias de campo derivados de esa investigación complementaron a la presente.

La presente investigación buscó sentar las bases para iniciar un estudio demográfico más amplio de *Z. furfuracea* hasta completar el llamado "cuadro autoecológico". Para ello se determinó

la distribución, abundancia y potencial reproductor de la planta en el medio natural. Su realización requirió trabajo de oficina y de campo, principalmente en dunas y acantilados costeros, con transportación terrestre y marina. Las actividades duraron dos años, período que abarcó los fenómenos fenológicos fundamentales de la especie. La generación de datos se basó en recorridos prospectivos en toda el área potencial de distribución, censos en los sitios de baja ocurrencia de la especie y muestreos para estimaciones de abundancia y producción potencial de semillas en las áreas de mayor representación de la planta.

Los datos así generados nos permitieron conocer con muy buena aproximación el estado actual de la población, su verdadera área de distribución y los puntos críticos por atender en el campo para su conservación. A las autoridades ambientalistas les servirán como base para estimar cuotas de extracción de semillas sin riesgo de sobreexplotación; de este modo se tendrá mayor control de viveristas locales que necesiten del banco de semillas silvestre. Para los viveristas significarán el inicio de un registro continuo que ayudará a evitar el saqueo ilegal mediante la vigilancia mutua de los agremiados.

Para el desarrollo del proyecto usamos equipo e instalaciones de oficina y de campo (el vivero Ciénega del Sur, municipio de Alvarado, Ver.) de la Universidad Veracruzana, así como algunos equipos de propiedad particular. Para gastos de operación (esencialmente viáticos) y compra de algunos equipos e insumos de campo y oficina, recibimos financiamiento por parte de la CONABIO con base en el convenio FB600/R176/98, por un total de \$176,525.00 otorgados en tres exhibiciones (\$113,700.00 a la Firma del convenio respectivo; \$51,750.00 a los seis meses de desarrollo del proyecto- y \$13,075.00 a la entrega del informe final). El costo estimado para el proyecto en total, considerando el uso de las instalaciones y el equipo de la Universidad Veracruzana, así como los salarios de los investigadores, fue de \$457,514.22. Al final el proyecto valió más que lo estimado debido a una ampliación del tiempo de desarrollo (inicialmente el proyecto habría de durar un año, no dos, como sucedió) y a la inflación de la economía nacional, costos agregados que fueron absorbidos por nosotros mismos.

Nosotros, los investigadores que planteamos y desarrollamos el proyecto, somos investigadores del Instituto de Investigaciones Biológicas de la Universidad Veracruzana. Ambos somos profesionales posgraduados en botánica y ecología. Poseemos una experiencia conjunta acumulada de más de 30 años en estudios de caracterización ecológica y conservación de vegetación tropical, especialmente de Cycadales. Uno de nosotros (M. C. Mario Vázquez) es uno de los dos especialistas mexicanos en este grupo de plantas y Presidente del Subcomité Técnico Consultivo para la Protección, Conservación y Recuperación de la Familia Zamiaceae, Comité Técnico Consultivo Nacional para la Recuperación de Especies Prioritarias del Instituto Nacional de Ecología; el otro (M. C. Leonel Torres) ocupa una de las vocalías en dicho Subcomité. En virtud de nuestra experiencia, somos consultores para las autoridades federales dedicadas al control del comercio de Cycadales silvestres y, entre éstas de *Z. furfuracea*.

## LAS CYCADALES

El orden de las Cycadales, o cícadas, como son conocidas comúnmente, reúne un conjunto de plantas muy antiguas de caracteres primitivos del grupo de las Gimnospermas. De entre las plantas con semillas actuales son, presumiblemente, el grupo más antiguo y de caracteres más primitivos. Han permanecido vigentes por al menos 250 millones de años, así que son anteriores a los dinosaurios. Durante el Período Jurásico fueron un componente prominente de la vegetación del planeta y jugaron un papel importante como fuente de comida para los herbívoros de aquel tiempo. En el presente sobreviven de manera relictual con pocas especies estrechamente restringidas geográficamente (Chamberlain, 1919).

Tienen una apariencia distintiva que está relacionada con su antigüedad. Aunque son plantas leñosas que producen semillas, no muestran flores ni frutos sino conos, como los pinos. No obstante, a pesar de que en general tienen una apariencia rápidamente identificable por la mayoría de las personas, usualmente son confundidas por el lego con palmas y helechos por sus hojas pinnadas (llamadas frondas) dispuestas espiralmente formando una corona (Figura 1), cuando en verdad no están ligados con ellos. Las Cycadales en realidad conforman un conjunto único de plantas, están agrupadas con las gimnospermas pero de hecho no están relacionadas cercanamente con ningún otro grupo de plantas vivientes.

Son plantas de crecimiento lento (medido en mm/año) y muy longevas (del orden de cientos y hasta miles de años) (Vovides y Peters, 1987) y con grandes defensas químicas que las hacen muy tóxicas para el consumo. Han interesado a la humanidad durante siglos y han atraído la atención de científicos, etnólogos, médicos y horticultores. Han sido usadas con propósitos ceremoniales y han sido plantadas en cementerios. También han sido usadas como fuente de alimento en muchas regiones de Africa, Asia, Australia y América, particularmente en épocas de crisis alimentarias. Sin embargo, debido a que son altamente tóxicas, son causantes de enfermedades degenerativas entre las personas que se alimentan de ellas o conviven con ellas en ambientes cerrados (como invernaderos), como la demencia de Guam (un tipo de desorden neurológico), el llamado "enchamalamiento" (atrofia y deformación de las coyunturas musculoesqueléticas) de los indios mixtecos de Oaxaca, y algunos tipos de cáncer entre investigadores botánicos, así como la neurointoxicación y muerte en animales de pastoreo domesticados.

De la gran representatividad biológica pasada, en la actualidad sólo están catalogadas alrededor de 210 especies de Cycadales vivientes, incluidas en tres familias: Cycadaceae, Stangeriaceae y Zamiaceae (Stevenson, 1992) (Tabla 1). Prácticamente la totalidad de ellas habita en la franja intertropical del planeta.

Tabla 1. Clasificación del Orden Cycadales, su riqueza y distribución mundial, según Jones (1993).

FAMILIA	GENERO	RIQUEZA	DISTRIBUCIÓN
Cycadaceae	<i>Cycas</i>	40 especies	Asia oriental, Oceanía, África
Stangeriaceae	<i>Stangeria</i>	1 especie	África austral
	<i>Bowenia</i>	3 especies	Australia
Zamiaceae	<i>Ceratozamia</i>	11 especies	México, Guatemala, Belice
	<i>Chigua</i>	especies	Colombia
	<i>Dioon</i>	10 especies	México. Honduras
	<i>Encephalartos</i>	> 52 especies	África
	<i>Lepidozamia</i>	2 especies	Australia
	<i>Macrozamia</i>	25 especies	Australia
	<i>Microcycas</i>	1 especie	Cuba
	<i>Zamia</i>	55-60 especies	América tropical, Antillas

Las familias Cycadaceae y Stangeriaceae se asientan principalmente en Oceanía, Asia y sur del continente africano. La primera familia está representada tan solo por el género *Cycas*, en tanto que la segunda contiene a los géneros *Stangeria* y *Bowenia*.

La familia Zamiaceae, con unas 90 especies. está presente tanto en el Vicio como en el Nuevo Mundo. Contiene ocho géneros: *Encephalartos*, *Lepidozamia*, *Macrozamia*, *Microcycas*, *Chigua*, *Ceratozamia*, *Dioon* y *Zamia*. Los últimos cuatro son exclusivos de América.



Figura 1. Ejemplares silvestres de *Dioon edule angustifolium* que, a no ser por el cono femenino del individuo que se encuentra al frente de la escena, para el lego parecería una palma de hojas duras.

Por cuanto a las cícadas mexicanas, los géneros *Ceratomia* y *Dioon*, excepto *Ceratozamia robusta* y *Dioon mejiae*, son típicamente- endémicos. El género *Zamia* se extiende desde Florida hasta Bolivia aunque su centro de mayor diversidad se asienta en México.

El 95% de la riqueza cicadológica nacional es endémica. De hecho, la mayor concentración de especies de cícadas silvestres (alrededor de 45) se encuentra en México. Un caso notorio es el estado de Veracruz, que contiene 10 especies. Contradictoriamente, hasta antes de 1975 solo era conocido el 50% de la flora cicadológica del país: a partir de 1980 -v hasta la fecha- se han descrito nuevos taxones del grupo.

De manera similar a lo que ocurre en el resto de países en los que existen cícadas, en la actualidad casi todas las especies mexicanas enfrentan serios problemas de supervivencia en el medio natural debido esencialmente a la extracción ilegal de adultos (de los cuales algunos podrían tener miles de años de edad) y a la destrucción del hábitat por las actividades productivas humanas.

En años recientes se ha visto un crecimiento del esfuerzo para entender y cultivar estas plantas debido a su relativa escasez en la naturaleza y a sus rasgos arcaicos. No obstante, el estudioso debe enfrentar la escasez de profesionales interesados, la ausencia de información básica sobre su biología y el desapego de los ciudadanos por sus recursos silvestres. Así, el panorama para las cícadas no es el más halagüeño posible.

#### *ZAMIA FURFURACEA*

*DIAGNOSIS.* *Zamia furfuracea* L. (figura 2) es una especie de la familia Zamiaceae, orden Cycadales. El porte es de apariencia herbácea. Es perenne (de edad máxima desconocida, quizá del orden de cientos de años). iterópara y dioica.

Es popular y comúnmente conocida como "palmilla" o "palma bola", dadas sus frondas pinnadas dispuestas radialmente en torno a un eje. Los nombres "maíz cimarrón" y "maíz de los chaneques" son menos frecuentes y quizás más antiguos; indican la similitud de los conos femeninos a una mazorca, así como su carácter silvestre. También es conocida sencillamente como "zamia", siendo de su género la especie más extensamente cultivada.

Los individuos adultos muestran una talla promedio de 80 cm de alto por 100 cm de radio en las partes emergentes del suelo. El tallo es subterráneo, grueso y carnoso, de forma cilíndrica; su diámetro es de alrededor de 15 cm, y alcanza longitudes mayores a 80 cm. Se ramifica progresivamente con la edad; los individuos de mayor edad muestran numerosas coronas contiguas de follaje denso y entrelazado. En ocasiones es difícil distinguir a un conjunto de individuos distintos creciendo apretadamente (en masas densas de hasta 4 m<sup>2</sup> de extensión) de un conjunto apiñado de coronas pertenecientes al mismo individuo, dado que las ramificaciones son subterráneas. Sin embargo, el caso más frecuente de observar es la ramificación profusa de una sola planta que el amontonamiento de varias.

El sistema radical es complejo y está compuesto por tres tipos de raíces. El sistema radical es iniciado por una raíz principal axonomorfa especializada en la penetración y fijación al substrato. El sistema radical es continuado por raíces adventicias (con geotropismo negativo), de cuyos extremos nacen raíces coraloides, especializadas en la asociación con algas fijadoras de nitrógeno y tuberosas (con geotropismo positivo), especializadas en el almacenamiento de almidón.

Por ser una especie dioica, los sexos se presentan separados en plantas macho y plantas hembras. La producción de estructuras reproductoras, los estróbilos o conos, es anual: actualmente su presencia consiste en el único medio práctico para determinar el sexo de los individuos (Figuras 3, 4 y 5). Emergen en mayo; los masculinos (microstróbilos) maduran entre junio y julio; los femeninos (megastróbilos) aparecen al mismo tiempo que los masculinos pero terminan de madurar entre diciembre y enero y después comienzan a desintegrarse. Cada planta macho puede producir de uno a 10 o más conos, con tres a cuatro conos por corona en promedio, en tanto que cada planta hembra produce de uno a dos conos, con uno por corona, pero ocasionalmente pueden verse dos y, más raro aún, tres conos en una sola corona. Las semillas se desprenden al cabo de la maduración del megastróbilo, aunque no germinan inmediatamente sino hasta que el cuerpo del embrión se ha desarrollado (el tiempo necesario puede ser de más de seis meses después de la dispersión), lo que coincide con las primeras lluvias del verano (en Junio). A pesar de que *Z. furfuracea* es una especie heliófila sus semillas suelen germinar a la sombra, en medio de la espesura del matorral costero (Figura 6). Según Jones (1993). Es común observar híbridos naturales entre *Z. furfuracea* y *Z. loddigesii*, los cuales siempre están asociados a disturbios de la vegetación por aclareo.

El desarrollo de estas plantas es dependiente del carácter fuertemente estacional y restrictivo del ambiente al que pertenecen. Así, los eventos fenológicos están claramente calendarizados y son sincrónicos en la población (M. L. Hernández-Méndez, datos no publicados). El desarrollo vegetativo ocurre en la estación seca (marzo-abril). Un conjunto de frondas flexibles, de color verde claro y cubiertas por indumento rojizo (el carácter furfuráceo indicado en el nombre de la especie) emerge del meristemo apical de la corona entre marzo y abril; termina de madurar tres meses después y entonces adquiere una textura coriácea, con coloración verde oscuro, y se torna glabro.



Figura 2. *Zamba furfuracea*. Ejemplar adulto estéril de más de 10 años de edad sembrado en el vivero Ciénega del Sur. Las frondas de color más claro son renuevos recientemente emergidos y en vías de maduración en los que puede verse el indumento rojizo, o furfuráceo, que da nombre a la especie. Aunque a primera vista no lo parece, un examen más minucioso de la orientación de estas frondas, que crecen en dos vértices, indica que la planta posee dos coronas formadas muy juntas.

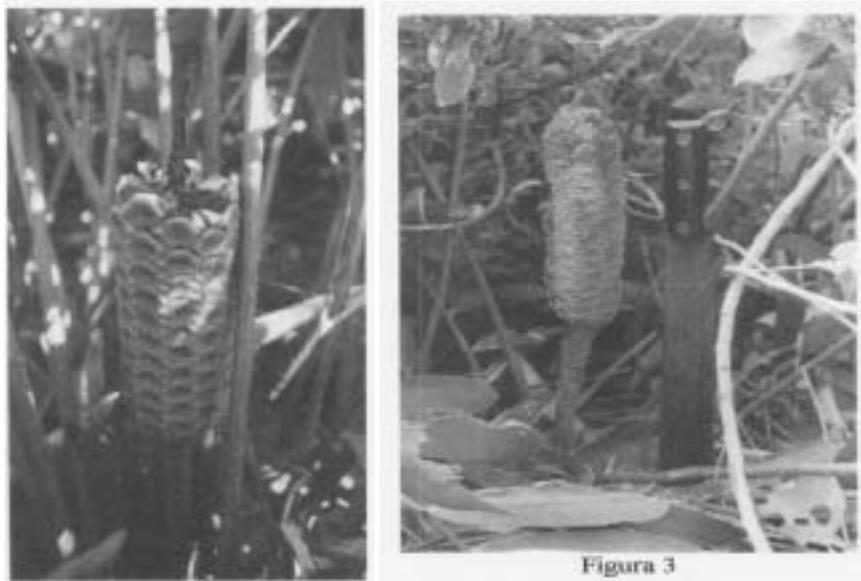


Figura 4

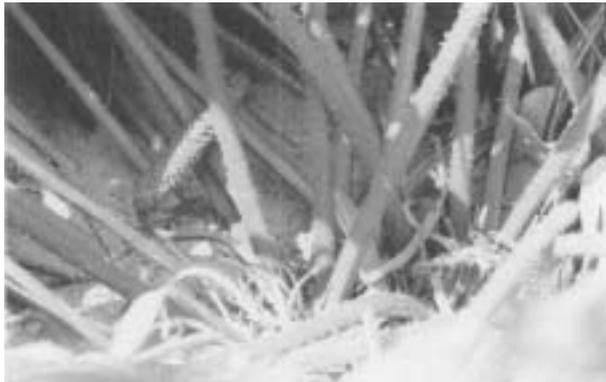


Figura 5

Figuras 3, 4 y 5. Estructuras reproductoras de *Z furfuracea*. Figura 3: cono femenino maduro. Figura 4: cono femenino que ha comenzado a desintegrarse, *con lo que quedan expuestas las semillas con su cubierta -la sarcotesta- de color rojo intenso, a la vez protectora y atractora de animales potencialmente dispersores*. Figura 5. Cono masculino a punto de desprenderse e iniciar su desintegración después de haber liberado el polen; como puede verse, es más pequeño y delgado que su contraparte femenina.

Bajo condiciones ideales de crecimiento (sustrato poroso y fértil, riego durante la época seca, ausencia de plantas competidoras, exterminio de herbívoros) en el vivero experimental "Ciénega del Sur", las plantas muestran un desarrollo acelerado. Las plántulas, caracterizadas por tener no más de cuatro folíolos por fronda (en verticilo, a manera de trébol de la suerte), permanecen como tales durante alrededor de nueve meses (desde la germinación de la semilla en pleno verano hasta la siguiente temporada de desarrollo vegetativo durante la primavera). Las juveniles presentan frondas con cinco a quince folíolos y el tallo y la raíz fusionados bajo tierra (semejando a una pequeña zanahoria); permanecen en este estado durante dos a tres años más. La aparición de frondas largas,

de más de quince folíolos, junto con la definición del ápice de la corona y el engrosamiento de los tallos a más de 8 cm de diámetro le dan al individuo un aspecto típicamente adulto; inclusive, a esta edad (cuatro o cinco años) algunas plantas muestran rasgos claramente maduros, como la bifurcación de la corona y la producción de conos; en los dos años siguientes la mayoría de las plantas adquiere madurez sexual y aumenta su vigor.

En condiciones naturales el desarrollo de las plantas no puede ser tan acelerado. dadas las fuertes restricciones provenientes del clima tórrido, el sustrato pobre, la escasez de agua, la competencia con otras plantas y el ataque de depredadores naturales, de tal manera los lapsos entre cada categoría de edad son mayores. Las plántulas suelen posponer la producción de frondas mayores hasta los casi dos años de edad; una vez que han acumulado reservas engrosando su tallo. La permanencia en el estado juvenil se extiende entonces, proporcionalmente. desde los dos hasta alrededor de los seis años de edad de acuerdo con las condiciones microambientales. La apariencia adulta aparece entonces entre los cinco y diez años de edad. aunque no se ramifiquen ni logren la primera reproducción. De hecho, es común que los individuos no inicien la ramificación sino hasta después de los 10 años de edad (L. H. Bojórquez-Galván, datos no publicados), por lo que es posible considerar que los individuos con una sola corona de frondas tienen entre 5 y 10 años de edad. No obstante, no es posible especular sobre las edades en que ocurren ramificaciones subsiguientes.

**INTERACCIONES ECOLÓGICAS.** Como todas las cicadas, es una planta altamente tóxica (Siniscalco Gigliano, 1990). En consecuencia, los animales con los que establece interacciones ecológicas son poco diversos, altamente especializados y de distribución coincidente con la de esta especie u otras del mismo orden.



Figura 6. Plántulas de un año de edad y *juvenil de Z. furfuracea* localizadas en el estrato rasante de un espeso matorral espinoso en las dunas costeras. Las plántulas se distinguen del individuo juvenil (en primer plano) por su pequeño tamaño y menor número de foliolos (cuatro); cada individuo de esta edad posee dos frondas. Por su parte, los juveniles se distinguen de los adultos por su escaso número de foliolos (cinco a quince) y de frondas (dos a cuatro), además de la talla menor.

Mantiene asociaciones de cooperación con algas fijadoras de nitrógeno, con polinizadores y con posibles dispersores de semillas. Las algas fijadoras de nitrógeno con las que se asocia son cianofíceas pertenecientes a los géneros *Nostoc* y *Anabaena*, las cuales crecen formando pequeños nódulos en las raíces coraloides (Grilli Caiola. 1990; Lindblad y Bergman, 1990). La polinización es cantarófila, con una especie conocida (*Rhopalotria mollis*, familia Curculionidae) (Norstog y Fawcett, 1989) y tal vez dos más de identidad por determinar (G. Sánchez Rotonda, comunicación personal). Según observaciones no sistemáticas realizadas por miembros de nuestro equipo de trabajo, las semillas podrían ser dispersadas tanto por autocoria como por zoocoria (aves y cangrejos) (Figura 7).

Las asociaciones antagonistas ocurren esencialmente por herbivoría y competencia por luz. Las hojas son depredadas por un herbívoro constantemente presente (orugas de la mariposa *Eumaeus toxea*, familia Lycaenidae) (Figuras 8, 9 y 10) y ocasionalmente por escarabajos minadores y defoliadores aparentemente de la familia Buprestidae (L. Torres I lernández, datos no publicados). Es de hacer notar que, de acuerdo con nuestra experiencia y la de campesinos del lugar, con frecuencia la intensidad del ataque de estos antagonistas, en particular de los escarabajos defoliadores, aparentemente está asociada a heridas recientes en las partes aéreas.

**DISTRIBUCIÓN NATURAL.** La especie es endémica a la zona costera del sur del estado de Veracruz (Figura 11). Prospera en condiciones heliófilas en suelos arenosos, pobres y bien drenados, especialmente de dunas costeras. pero también puede sobrevivir en sitios rocosos y medianamente umbrosos (Figuras 12, 13 y 14). Es muy tolerante a la aspersion salina causada por el oleaje del mar, y es frecuente observar pequeñas costras de sal en las hojas de las plantas asentadas cerca de las playas. La vegetación a la que se asocia es de matorrales espinosos y pastizales. Además, se ha observado un morfo relativamente distinto que habita en sitios con suelos arcillosos de encimares y palmares costeros abiertos.

La especie fue descrita en 1789 Jones 1993). y desde entonces se le consideró común y muy extendida en su hábitat natural. En el presente esa distribución se ha reducido a la porción costera al E y S del humedal de Alvarado, en donde se encuentra desde la línea de playa

hasta donde terminan las dunas costeras. 1 a 7 Km tierra adentro. Es en esta área en donde se encuentran las mayores concentraciones de individuos. En la zona de Los Tuxtlas ocupa el estrecho margen de vegetación costera, en donde es menos numerosa. El área de distribución se alarga de forma progresivamente discontinua en la línea de playas de la sierra de Santa Marta, y no parece haber razones ecológicas excepto la depleción de la población natural y la destrucción del hábitat por los humanos- para que no se extienda más hacia el S hasta el estado de Tabasco, lo mismo que hacia el N hasta el Trópico de Cáncer.

De acuerdo con Jones (1993), los ejemplares típicos de la especie se encuentran solo en hábitats no perturbados. Y esto parece ser cierto para las plantas ubicadas en el hábitat más cercano al mar. Sin embargo, como se señala más adelante en la sección de Resultados, actualmente también es frecuente hallarla en hábitats marginales a la orilla de fragmentos de vegetación arbórea o de matorrales en las dunas costeras que se prolongan tierra adentro.

AMENAZAS PARA LA POBLACIÓN NATURAL. *A. Z. furfuracea* se le considera amenazada (categoría "A") dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM--059-- ECOL -1994, que conceptúa y sanciona el manejo de la vida silvestre. Así mismo, se encuentra enlistada en el Apéndice 1 del Libro Rojo de CITES. Por lo tanto, están bajo restricción la extracción del medio natural de plantas y semillas, el cultivo y el comercio; las penalidades por las violaciones a estas restricciones son elevadas e incluyen desde multas hasta cárcel.



Figura 7. Pájaro levantando el vuelo después de alimentarse de semillas de un cono de *Zamia furfuracea* en el vivero "Ciénega del Sur" de la Universidad Veracruzana, en enero de 1997. Observaciones no sistemáticas, como la de esta ave no identificada, así como la germinación de semillas lejos de posibles plantas parentales y en situaciones imposibles para la autodispersión (o autocoria), hacen presumir un síndrome de dispersión por animales, o zoocoria. La zoocoria en Cycadales aún no ha sido suficientemente documentada y se presenta como un problema biológico interesante, dada la alta toxicidad de la semilla y su sarcotesta.



Fig 8



Fig 9



Fig 10

Figuras 8, 9 y 10. *Eumaeus toxea*, defoliador estricto de *Zamba furfuracea*.  
Figura 8: imago ovipositando sobre una fronda en desarrollo. Figura 9: larvas alimentándose de frondas inmaduras; pueden observarse los restos de los huevos de donde *emergieron las* larvas. Figura 10: crisálidas sobre frondas maduras; los individuos que lleven a buen término la metamorfosis se alimentarán de néctar en flores de las cercanías. Nótese la coloración rojo intenso que permanece desde los estados más tempranos hasta los más tardíos; podría ser adquirida por la alimentación y mantenida como un aviso de toxicidad para posibles depredadores.



Figura 11. Distribución de la población silvestre de *Zamia furfuracea* en las zonas costeras terrestres del sur de Veracruz. El espacio indicado como "área actual" contiene las zonas donde es posible encontrar a la especie, aun cuando se trate de individuos aislados. El espacio identificado como "área núcleo" es donde hay mayor probabilidad de encontrar ejemplares. (La sección de mapa en relieve fue tomada y modificada de INEGI, 1984).



Fig 12



Fig 14



Fig 13

*Figuras 12, 13 y 14. Zamba furfuracea en su ambiente. Figura 12: en un matorral de dunas costeras frente al mar dominado por icaquillo (*Randia aculeata*), donde se encuentra expuesta plenamente al sol y fácilmente visible, pero protegida por las espinas del icaquillo. Figura 13: en el sotobosque de un fragmento de selva baja caducifolia, donde es muy difícil de localizar; el sombreado propicia mayor separación y alargamiento de folíolos y frondas. Figura 14: en un acantilado costero, accesible solo para insectos voladores.*

*Zamia furfuracea* es una especie de gran valor ornamental (Figura 15). Es apreciada por coleccionistas especializados y en los mercados (predominantemente extranjeros) de plantas exóticas (Jorres, 1993). En virtud de ello, desde hace más de tres décadas han sido extraídas del medio natural cantidades indeterminables de plantas maduras, plántulas y semillas para abastecer la demanda internacional (Torres Hernández *et al.*, 1999). El saqueo irrestricto e ilegal es iniciado por campesinos pobres, se prolonga por compradores nacionales y extranjeros carentes de permisos y registro, y se continúa por acaparadores presuntamente de Estados Unidos y Holanda en un patrón similar al del narcotráfico ilegal (Vovides, 1986).

Otro factor restrictivo para la población de *Z. furfuracea* es la conversión de la vegetación silvestre a pastizales para ganadería extensiva. En los terrenos habitados naturalmente por la planta ésta es prácticamente la única actividad productiva, a excepción de algunos cultivares de yuca. La transformación del paisaje en grandes praderas significa actualmente la mayor amenaza para la vida silvestre en la región, lo que incluye no sólo a *Z. furfuracea* sino a prácticamente todas las plantas y animales salvajes del lugar.

Por causa de la desmedida extracción de esta planta y la amplia destrucción de su hábitat se presume que ha disminuido drásticamente la población silvestre. Igualmente se ha presumido que su capacidad regenerativa ha sido afectada seriamente. Es así que el presente proyecto se orientó precisamente a la generación de datos de campo que ayuden a corroborar o desechar tales presunciones.

#### ZONA DE ESTUDIO

**LOCALIZACIÓN.** La zona de estudio se localiza en la margen costera sur del estado de Veracruz, México, entre los 18° 43' de Latitud N con 95° 32' de Longitud W y los 18° 32' de Latitud N con 94° 58' de Longitud W, a altitudes no mayores a 80 m sobre el nivel del mar. Incluye tres subzonas claramente distinguibles (Figura 16):

a) La estrecha banda de terreno de propiedad federal adjunto a la línea de playas (lo que incluye algunos acantilados basálticos costeros) que va desde el E del puerto de cabotaje de Alvarado hasta el W del puerto industrial de Coatzacoalcos. terreno que es ocupado por plantas herbáceas y arbustivas inmediatamente sucedientes a las plantas pioneras que habitan en el límite de la línea de mareas (Figura 17).

b) La franja de dunas costeras de tierra adentro de los municipios de Alvarado, Lerdo de Tejada y Ángel R. Cabada, que con una amplitud que varía entre 1 y 7 Km, se extiende desde el E del puerto de Alvarado hasta el W de Punta Puntillas. La zona es ocupada por matorrales espinosos propios de las dunas costeras y por selvas baja y mediana caducifolia y subcaducifolia (Figura 18).

c) Sabana de suelos arcillosos con encinares y palmares de tierras bajas, en porciones no inundables al NW del humedal de Alvarado (Figura 19).

FISIOGRAFÍA. La región se ubica dentro de la Provincia Fisiográfica de la Planicie Costera Suroriental de México (Rzedowski. 1978). En la zona de estudio esta Provincia Fisiográfica muestra dos componentes geomorfológicos que generan paisajes muy distintos (Torres Hernández y Smith Portilla. 1999): (1) la planicie que separa del mar la cuenca del río Papaloapan, llanura proveniente de una paleobahía que progresivamente ha sido cerrada hasta dar origen al actual humedal de Alvarado por la acumulación por la parte continental, de aluviones arcillosos depositados por el conjunto de ríos que drenan la Sierra Madre Oriental hacia la cuenca, y, por la parte del mar de grandes bancales de arena originada en el mar que conforman un amplio sistema de dunas con diversos grados de estabilidad: y (2) la serranía de Los Tuxtlas, macizo montañoso de origen volcánico que interrumpe la continuidad de la planicie costera y algunos de cuyos derrames de lava han formado acantilados rocosos en la orilla del mar.



*Figura 15. Zamia furfuracea usada como planta ornamental en el patio de un edificio público (El Jardín de las Esculturas) en Xalapa, Ver.*

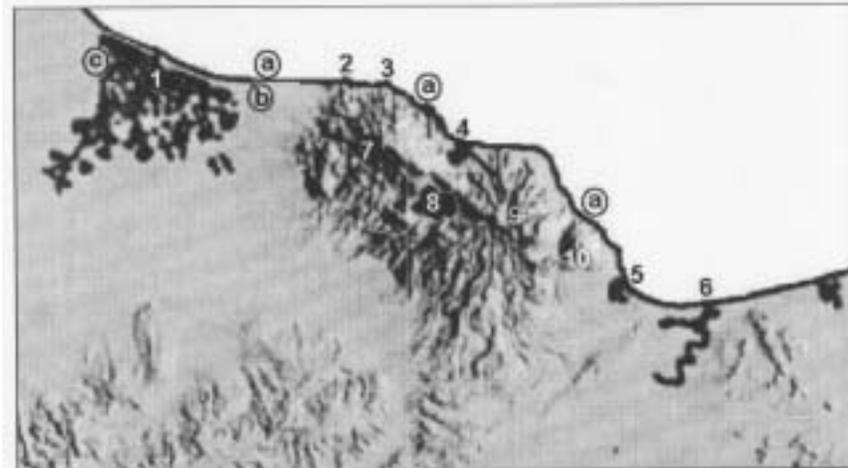


Figura 16. Zona de estudio. La letra a señala la línea de playas que va desde el puerto de Alvarado hasta el puerto de Coatzacoalcos; la b indica las dunas costeras de los municipios de Alvarado, Lerdo de tejada y Ángel R. cabada, y la e la porción de tierra adentro alrededor del poblado de Rincón de la Palma. Los accidentes geográficos señalados son: (1) humedal de Alvarado, en cuya bocana se asienta el puerto de Alvarado, (2) Punta Puntillas, (3) Punta Roca Partida, (4) laguna costera de Sontecomapan, (5) laguna costera de El Ostión, (6) bocana del río Coatzacoalcos, en cuyos márgenes se asienta el puerto del mismo nombre, (7) volcán de San Martín Tuxtla, (8) lago de Catemaco, (9) volcán de Santa Marta y (10) volcán de San Martín Pajapan. (Mapa en relieve tomado y modificado de INEGI, 1984).



Figura 17. Línea de playas frente al ejido de Capultéoti, municipio de Catemaco, Ver., vista desde el acantilado rocoso de El Morro, al E de la salida al mar de la laguna costera de Sontecomapan. La banda con vegetación natural (de color oscuro en la foto), asentada sobre sustrato arenoso, corresponde a la zona de propiedad federal, de unos 30-40 m de ancho; en ella se establecen las primeras series sucesionales después de la zona de influencia de mareas. Por detrás de esta franja, donde el sustrato se torna más bien arcilloso, la vegetación natural ha sido arrasada y en su lugar se han inducido pastizales para ganadería extensiva.



Figura 18. Dunas costeras frente al ejido de Ciénega del Sur, municipio de Alvarado, Ver. El sustrato arenoso penetra hacia el continente desde la costa y forma las llamadas "puntas de arena", que pueden tener de 1 a 8 Km de ancho. En esta zona se forman matorrales y selvas de muy diversa extensión, fisonomía, estructura y composición, cuyo mosaicismo es aumentado por el manejo agropecuario del terreno, que fragmenta prácticamente al máximo la vegetación natural.



Figura 19. Sabana con encinar y palmar de tierras bajas, en las cercanías del poblado Rincón de la Palma, al NW del humedal de Alvarado, Ver. El *terreno es arcilloso* y ocasionalmente puede sufrir anegamiento y hasta inundación en la temporada lluviosa. El espacio natural ha sido transformado ampliamente para favorecer la ganadería y algunos cultivos -como arroz y frijol-, en tanto que de las plantas silvestres solo se conservan algunas especies de interés económico o difíciles de erradicar.

**GEOLOGÍA.** La zona de estudio interesa dos provincias geológicas. La de Alvarado y la de San Andrés Tuxtla (Ríos Mcbeth, 1952). ambas de orogenia relativamente reciente. Los depósitos de menor antigüedad proceden de la época del Pleistoceno Medio (hace unos dos millones de años) (López Ramos, 1981). Corresponden a los depósitos aluviales de la mayor parte de la cuenca baja del río Papaloapan. *Tales depósitos son fundamentales en la evolución del sistema lagunar.* Antiguamente, la laguna de Alvarado fue una bahía abierta al mar; se convirtió en un sistema lagunar por la influencia conjunta de dos factores: la formación de una barrera de dunas costeras que cerró la bahía y el progresivo relleno por la deposición de aluviones, lo que ha disminuido su extensión y profundidad, y ha formado múltiples cuerpos de agua permanentes.

La provincia geológica de San Andrés Tuxtla se considera un conjunto de volcanes de antigüedad variable. Las rocas aflorantes más antiguas son volcánicas del Cenozoico y del Pleistoceno, principalmente andesitas, basaltos, riolitas y sus tobas (INEGI, 1983). El macizo de Los Tuxtlas, de orogenia particular, es producto de una actividad iniciada en el Terciario durante el PlioPleistoceno, hace aproximadamente 26 millones de años (Ríos Mebeth, 1952). Su formación coincide con los tiempos de levantamiento y plegamiento de la Sierra Madre Oriental, la Sierra Madre de Chiapas y el Eje Volcánico Transversal (véase Robles *et al.*, 1988). Aparentemente en los últimos 30 mil años, al igual que el resto del territorio SE de México, la región ha sufrido pocos cambios (Emiliani, 1966): éstos, en su mayoría, están relacionados con la actividad eruptiva de los volcanes San Martín Tuxtla, Santa Marta y San Martín Pajapan. El volcán más activo en los últimos tiempos es el San Martín Tuxtla, cuyos eventos eruptivos más recientes se han registrado en los años 1530-1532, 1664 y 1793 (Grobet, 1982).

**HIDROGRAFÍA.** En toda la región existen abundantes cuerpos de agua permanentes, semipermanentes y estacionales, lo que incluye desde pequeñas ciénagas hasta grandes lagos. Además, la zona es drenada por numerosos ríos permanentes y estacionales, de longitud y torrente variables. Sin embargo, ninguno de ellos es determinante de las condiciones del hábitat donde habita *Z. furfuracea*.

Con mucho, los mayores cuerpos de agua en la zona se encuentran en la cuenca del río Papaloapan, la segunda más grande del país. que en la cuenca baja contiene el enorme humedal de Alvarado. Por su parte, en Los Tuxtlas y sus inmediaciones los mayores cuerpos de agua estanca son el lago de Catemaco y las lagunas costeras de Sontecomapan y El Ostión, en tanto que los ríos más importantes que fluyen directamente hacia la costa o hacia las anteriores lagunas costeras son Salinas, Oro, Cold, Máquina, Yohualtapan, Coxcoapan, Mezcalapan, Sochapan y Tecuanapan; en tanto que los ríos más importantes que drenan hacia el continente en dirección de la cuenca del río Papaloapan o la cuenca del río Coatzacoalcos

son Tatahuicapan, Tenoloapan, Agachapan, Huazuntlán, Ozulapa y Cuitlazóyotl. Cuerpos de agua permanentes pero mucho menores son las lagunas Lucerillo, El Marqués, La Tortuga y El Serio, así como los ríos Michapan y Prieto, y los numerosos cenagales sin nombre incluidos dentro del sistema de dunas costeras de los municipios de Lerdo de Tejada y Ángel R. Cabada.

CLIMA. El clima de la región es típicamente cálido y húmedo, pero es posible distinguir dos subregiones, la una en la cuenca baja del Papaloapan y la otra en las faldas de la sierra de Los Tuxtlas. En la amplia llanura costera de la cuenca baja del río Papaloapan, en las cercanías del puerto de Alvarado, el clima es muy cálido y húmedo, de tipo Aw2(i'), de acuerdo a la clasificación de Köppen modificado por García (1970): es decir, es una región con lluvias en verano y poca oscilación térmica (de 5 a 7 °C en promedio), temperatura media anual de 28 °C, temperatura máxima promedio de 35 °C en junio y mínima promedio de 24 °C en enero. y con precipitación media anual de 1925 mm. Al SE de esta zona, en la muy estrecha llanura costera que delimita a la región de Los Tuxtlas, el clima es ligeramente menos cálido y más húmedo, de tipo Af(m), con temperatura media anual de 24-26 °C y precipitación media anual de 2,500-3,500 mm.

La alta humedad ambiental regional es producto de la combinación de la cercanía del mar y de grandes cuerpos de agua líquida continentales (ríos, lagunas y, notoriamente, el lago de Catemaco y el sistema lagunar del Humedal de Alvarado). A esto se suma el efecto de ladera de las grandes montañas de la Sierra Madre Oriental y el macizo montañoso de la sierra de Los Tuxtlas: que retienen grandes masas nubosas y propician la precipitación de su contenido de humedad. Otra consecuencia importante del efecto de ladera es la variación de las características de la precipitación. Las lluvias se presentan la mayor parte del año, aunque son claramente más abundantes en verano,

con un aporte muy importante de precipitación invernal en las zonas por encima de los 100 m de altitud en la sierra de Los Tuxtlas, sin embargo en los sitios cercanos a la costa y alejados de cualquier sistema montañoso de la cuenca baja del Papaloapan, las lluvias son marcadamente estacionales y torrenciales, con una época de estiaje muy aguda entre finales del invierno y el principio del verano, y una notoria canícula en medio del verano (Torres Hernández y Smith Portilla. 1999).

La humedad atmosférica originada en el mar es arrastrada hacia el continente por vientos alisios, nortes, tormentas tropicales y huracanes, cuyas orientaciones predominantes son N-S ó NESW. Las tormentas tropicales y los huracanes son causantes de las mayores precipitaciones en el año y definen la temporada lluviosa (en verano y parte del otoño). Los nortes son causantes de una considerable precipitación lo mismo que del descenso de la temperatura en la temporada de invierno y parte de la primavera de diciembre a marzo.

En las localidades más cercanas al mar, algunas de estas tormentas pueden modificar rápidamente el paisaje y causar fuertes daños a la vegetación. El suelo expuesto por deforestación y pisoteo

de ganado es fácilmente erosionable, de manera particular en la zona de dunas, las cuales tienden a ser desplazadas tierra adentro. Igualmente pueden arrancar de raíz muchas plantas y dañar fuertemente el follaje de toda la vegetación, tanto por quebraduras y laceración de ramas y hojas, como por deshidratación.

Por otro lado la alta humedad atmosférica propicia poca variación térmica entre el día y la noche, de manera que generalmente no se alcanzan temperaturas extremas de congelación ni de sobrecalentamiento. No obstante, esta misma humedad del aire ocasiona aumento de la sensación de calor en la época de calor, o de frío en la época de frío.

La cercanía del mar confiere además otras características relevantes para la vida que se asienta en la zona litoral. Las más notorias de las cuales son viento constante por diferencia de temperatura entre el suelo y el agua, aspersión salina por microgotas formadas por el oleaje e intensa radiación solar. La combinación de tales factores confiere al ambiente un fuerte carácter

deshidratante a pesar de la humedad atmosférica y se suma a las características igualmente deshidratantes del sustrato arenoso o rocoso de la margen costera.

En contraposición a los vientos húmedos, entre abril y mayo ocurren vientos altamente desecantes con componentes S y SW. conocidos localmente como "suradas". Son vientos

continentales calientes y secos por descender de las montañas, que durante uno a tres días causan aumento de la presión atmosférica. A pesar de su intensidad, y debido a su corta duración, el fenómeno se pierde en el registro climático al promediar las temperaturas de cada mes, pero para los habitantes de la región puede guardar un notable significado por la enorme intensificación de las sequías y de los incendios agropecuarios de la temporada de estiaje, así como por una terrible y asfixiante sensación de calor.

A lo largo del litoral veracruzano las condiciones atmosféricas varían poco, pero hacia el centro y S de Veracruz el clima es más tórrido que hacia el N. sin embargo hacia el N es donde las tormentas tropicales y huracanes pueden azotar con mayor probabilidad. Hacia el centro y S los

vientos de todo tipo azotan con mayor continuidad a lo largo del año pero con menor intensidad, lo que se traduce en menores probabilidades de eventos catastróficos en conjunción con y mayor estabilidad del hábitat. Y es en este ambiente donde se reúnen las mejores condiciones para el establecimiento de *Z. furfuracea* la planta objeto de estudio.

Es de hacer notar que en el período en que se desarrolló la investigación el país sufrió los embates más agudos y desastrosos de los fenómenos mundiales de "El Niño" y "La Niña". El primero dejó las lluvias más copiosas conocidas en la zona, lo que originó un notable y prolongado crecimiento de la vegetación, por ejemplo: igualmente originó las tormentas más feroces que se recuerden, como el huracán Mitch que, en su fase de absorción de energía siendo todavía una tormenta tropical, produjo un norte tan fuerte y tan atípicamente duradero (tres días, del 23 al 25 de octubre de 1998) que arrancó, inclinó (en dirección N-S) o quebró la vegetación herbácea y leñosa a todo lo largo del litoral y erosionó las dunas frente al mar en dimensiones indeterminadas pero presumiblemente muy grandes. El segundo fenómeno.

La Niña, fue lo opuesto, con una sequía y una canícula veraniega intensísimas y prolongadas, alternadas con lluvias extremadamente torrenciales pero de muy corta duración.

VEGETACIÓN. En la zona predominan los elementos florísticos neotropicales. Sin embargo, dado que en el pasado reciente la región ha representado una importante conexión para la migración de especies (Rzedowski, 1978; Toledo, 1976), también confluyen en el lugar importantes elementos neárticos entremezclados con los neotropicales y conforman mosaicos vegetacionales complejos.

En la región se incluyen los siguientes tipos de vegetación: manglar, tular, ceibadal, popal, apompal, vegetación riparia con Ficus, selva mediana subperennifolia, selva baja caducifolia, selva baja subcaducifolia, encinar, palmar y matorral de dunas costeras. Los cinco primeros (del manglar a la vegetación riparia) se encuentran en los sitios inundables, en islas e islotes, en las cercanías de los ríos y en las zonas ribereñas. Los restantes se localizan en áreas circundando muy cercanamente a los cuerpos de agua, en las partes llanas con suelos bien drenados u ocasionalmente expuestos a inundación, en las partes altas de islas e islotes y en dunas costeras con diversos grados de estabilización.

Algunos de estos tipos de vegetación se caracterizan por no variar de fisonomía a lo largo del año, especialmente la vegetación acuática y subacuática (manglar, apompal, tular, ceibadal, popal, vegetación riparia) y la de palmares, aunque este último no habita en zonas inundables. En cambio, la vegetación sometida a escasez estacional de agua debido a la lejanía de los cuerpos de agua (superficiales y subterráneos), lo mismo que a la posibilidad de pérdida de agua por percolación en suelos arenosos y a los rigores del estío, cambian de aspecto al perder las hojas una porción de las plantas que ahí viven, éstos son: matorral de dunas costeras, selva baja caducifolia, encinar y selva mediana subperennifolia.

La distribución y extensión de cada tipo de vegetación, lo mismo que las especies de plantas que las componen la fisonomía que las plantas dan al paisaje y la forma en que las plantas se arreglan en el espacio, son sumamente dependientes de las condiciones que la distinta disponibilidad de humedad y agua impone a la vida:

- a) La salinidad- que cambia con la cercanía del mar, por la influencia de los vientos y las mareas.
- b) La intensidad y temporalidad de fenómenos atmosféricos estacionales (huracanes, tormentas, nortes, suradas), que varía según el grado de exposición a los vientos provenientes tanto del mar como del continente, así como de un año a otro.
- c) La disponibilidad del agua, que cambia con la topografía, la cobertura vegetal y la estación del año,
- d) La evapotranspiración, que es muy alta.
- e) La duración del estiaje, que puede llegar a ocupar la mitad del año.

El resultado de todas estas Puentes de variación es que la vegetación, se distribuye en parches, formando mosaicos de muy diversas composiciones y tamaños- Igualmente puede ocasionar variaciones en la fisonomía de una estación a otra (entre seca y verde al pasar de la sequía a las lluvias) o. por el contrario, puede propiciar poca variación fisonómica del paisaje por la continua disponibilidad de agua, lo que aumenta la apariencia de mosaicismo de la vegetación.

Todos estos tipos de vegetación, han sido sometidos a perturbación por las actividades humanas relacionadas con la transformación de las comunidades naturales a cultivos de plantas para el consumo humano. el cultivo de pastizales para ganadería extensiva, las quemas periódicas del pasto, los incendios forestales, el abandono de sitios transformados o perturbados, la apertura de caminos, la formación de enclaves industriales- la urbanización, el drenado de pantanos, la cosecha de especies e individuos particulares y la introducción de especies exóticas (como gatos, vacas, cerdos, cabras) a cuyos electos depredatoríos y competitivos no están adaptadas las especies nativas. La perturbación puede consistir en la transformación parcial o total de un tipo de vegetación en otro por: la inducción o cultivo (como los pastizales); la fragmentación de la vegetación natural hasta reducirla a parches separados por caminos, cultivares y poblados; la extracción selectiva de especies, utilizándose los individuos maduros más sanos y robustos o, por el contrario, los jóvenes (es decir, desde los reproductores potencialmente más exitosos hasta los que inician reclutamiento de la población natural)-, y la muerte de plántulas y de adultos no tolerantes a incendios, al ramoneo de ganado, y al tránsito de animales y personas. Así. pueden verse localidades con diversos tipos de perturbación (quemas, pisoteo y ramoneo por ganado, apertura de caminos, extracción selectiva de especies, etc.) y grados de perturbación (desde los poco perturbados hasta los francamente transformados), así como en diversos estados sucesionales (desde los iniciales hasta los muy avanzados).

La perturbación antropogénica ha degradado fuertemente las condiciones naturales de la región. Se ha perdido tal vez más del 80 % de los espacios silvestres y, lo que aún permanece con fisonomía con cierta semejanza a lo original, aparece fragmentado y con grandes variaciones fisonómicas espaciales y temporales (entre las estaciones seca y lluviosa) debido al exacerbamiento de las causas del mosaicismo- Actualmente todos los tipos de vegetación están reducidos a parches muy fragmentados y hasta a situaciones relictuales, a pesar de que hacia el interior de unos de ellos, especialmente el manglar y algunos matorrales de dunas, pueden encontrarse condiciones correspondientes a las primarias o francamente prístinas.

#### OCUPACIÓN HUMANA DEL TERRITORIO Y DEL IMPACTO. Prácticamente deshabitados

Hasta mediados del siglo XX, a excepción de las zonas porteñas de Veracruz, Alvarado y Coatzacoalcos. además de algunos pequeños pueblos de pescadores, los ecosistemas costeras han comenzado a sufrir los embates de la sobrepoblación humana. La historia de ocupación humana de la

zona de estudio después de la llegada de los españoles u Mesoamérica comienza formalmente con el establecimiento estratégico de los citados puertos, cuyos núcleos urbanos se establecieron sobre el frágil sustrato arenoso de los médanos y sobre terrenos inundables. Durante más de 400 años la población se mantuvo en niveles bajos. pues las zonas cálidas y húmedas se consideraban inadecuadas para ser habitadas. pero la mayor participación de México en la economía mundial que impulsó el desarrollo económico de las zonas porteñas. así como el empuje demográfico, al avanzar el siglo XX causaron el crecimiento anárquico y veloz de las manchas urbanas y la formación de numerosos pueblos en las zonas

rurales, proceso que se aceleró en la década de 1950 con la construcción de la carretera costera del Golfo en la margen continental del sistema de dunas y la sierra de Los Tuxtlas, así como un camino vecinal terminado en la década de 1990 y que rodea por completo al volcán San Martín Tuxtla por la margen costera.

La urbanización es una amenaza importante sobre los ecosistemas naturales, no tanto por su extensión sino por la intensidad de la transformación. Otra fuente de amenazas lo constituyen las industrias ubicadas en las ciudades-puerto (o sus cercanías), a las que el desarrollo del resto del país las ha impulsado a convertirse en ciudades industriales. Las mayores industrias son la metalúrgica, la petroquímica básica, la petroquímica avanzada, la de fertilizantes y la generadora de electricidad (termoeléctrica y nucleoelectrica), es decir, se trata de lo que se conoce como industria pesada, la cual es la de mayor impacto negativo en la biosfera.

Pero el litoral veracruzano no recibe tan solo el efecto directo de las ciudades e industrias costeras, sino también de ciudades del interior, de pozos petroleros marinos y hasta de barcos localizados mar adentro. El efecto al que nos referimos es la contaminación, tanto la del paisaje (producida por tiraderos a cielo abierto, cables del tendido eléctrico, postes, chimeneas. fábricas), como la química, que es la más ominosa pues generalmente no se alcanza a ver. Los agentes contaminantes son generados a gran distancia dentro del país y luego son transportados por corrientes pluviales y ríos hasta el mar; o bien provienen de accidentes o desfuegos de pozos petroleros de alta mar. o de barcos que ilegalmente lavan sus bodegas muy lejos de la costa. Una vez en el mar. los contaminantes son distribuidos a lo largo de la línea costera por la corriente del Golfo de México (que se mueve de Sur a Norte). Finalmente el oleaje, las marejadas y el viento los depositan en las playas. Así, en la totalidad del litoral en nuestra zona de estudio se observan incontables toneladas de basura de muy diversa índole (plástico, metal, vidrio, madera, petróleo crudo, restos de plantas y animales). Esta basura frecuentemente es portadora de líquidos y gases altamente peligrosos. tales como sustancias agroquímicas y residuos inflamables y potencialmente explosivos. Presumiblemente otros contaminantes solubles o en suspensión (detergentes, pesticidas, aceites. heces fecales) impregnan las arenas y eventualmente se integran a los cielos biogeoquímicos propios de la zona intermareal: esto último significa que al cabo de unos pocos pasos en la cadena alimenticia. los contaminantes --casi intactos- llegan al humano en forma de comida, por ejemplo.

En cuanto al campo, la transformación agropecuaria del ambiente es relativamente reciente, dado que en la época de las grandes haciendas (desde la Colonia hasta el Porfiriato), los médanos eran desestimados por su baja potencialidad productiva frente a las tierras fértiles y bien irrigadas de la planicie y las serranías interiores. Para los dueños y administradores de ranchos y haciendas, la franja de dunas era solamente un refugio útil para el ganado durante la temporada de inundaciones.

A partir de la reforma agraria posterior a la Revolución de 1910, toda extensión de tierra pareció adecuada para ser repartida entre los miles de desposeídos solicitantes. Así fue como numerosos campesinos, en su mayoría ajena al ambiente de las dunas, fraccionaron y ocuparon terrenos de la región costera. Lo único que se considera sin dueño es la extensión de 10 ni de largo a partir de la playa que la federación reserva para sí y que es conocida comúnmente como Zona Federal.

Los asentamientos humanos se han hecho con pobladores procedentes de zonas de expulsión demográfica de diversas regiones del país, pero especialmente del Norte de Veracruz. Ninguno de estos movimientos poblacionales ha sido motivado o planeado la vocación del suelo, y mucho menos con base en una cultura de prevención de riesgos y protección del ambiente. Los poblamientos se han dado por la acaparación de recursos, por la ocupación oportunista del espacio, por el reparto agrario para disminuir los conflictos sociales, por la migración desde zonas de gran crecimiento demográfico y por el empuje de la pobreza.

Los pobladores son predominantemente mestizos y blancos; aunque minoritariamente hay indígenas, prácticamente no existen nativos anteriores al poblamiento más reciente. Las zonas rurales muestran muy baja densidad poblacional, mientras que las zonas urbanas, especialmente las de las cabeceras municipales, suelen mostrar densidades poblacionales por encima de las capacidades de servicio y equipamiento urbano.

Los nuevos asentamientos humanos, promovidos tanto por el reparto agrario como por el fraccionamiento masivo de las zonas suburbanas, ocurre cada vez más sobre terrenos en verdad inhóspitos y que exigen un gran esfuerzo de adecuación y conformación del paisaje en forma de relleno y arrasado de los médanos. La apertura de caminos, la introducción de la energía eléctrica y el combustible barato han facilitado la ocupación: las premisas son el oportunismo y la velocidad, no la eficiencia ni la vocación ecológica.

**ACTIVIDADES ECONÓMICAS PRINCIPALES.** Las mayores actividades económicas en la zona de estudio son ganadería, agricultura y pesca. Otras fuentes de empleo, pero de alcance muy limitado, son la extracción de petróleo y la minería (de metales como el hierro y oro, de arenas para la producción de vidrio, arcillas para la producción de silica-gel, y de material de construcción). Entre algunas personas una actividad que puede redundar ciertos márgenes de ganancia es la recolección y venta ilegal de plantas y semillas de *Z. furfuracea* (Torres Hernández y Barney Guillermo, 1999).

La actividad ganadera se dedica principalmente a la crianza de ganado vacuno, y en menor medida a la de ovino, caprino, porcino y aviar. El sistema de producción predominante es la ganadería extensiva, muy especialmente la de ganado vacuno, que hace ver la zona como un inmenso pastizal. Por su parte, la cría de aves de corral, aunque importante, es poco evidente, ya que la producción se da casi totalmente en ambientes rústicos de traspatio.

El producto agrícola más importante es la caña de azúcar, de donde se obtienen edulcorantes y alcohol. Productos de menor importancia son sandía, maíz, arroz y frijol. Otros cultivos frecuentes son los de yuca, coco, mango, naranja, piña, plátano, chile y jitomate, entre otros.

Los productos pesqueros obtenidos son todos los posibles que puede rendir esta actividad: de escamas, crustáceos y moluscos. La pesca es de dos tipos: ribereña y de altura. La ribereña es la que se practica en cuerpos de agua dulce mediante el uso de artes rústicas: anzuelos, atarrayas de hasta 4m de diámetro, y redes o chinchorros de tendal o arrastre de hasta 2 m<sup>2</sup> de ancho y unos 30 m de largo. Se realiza a pie desde la orilla hasta sitios poco profundos, y a bordo de lanchas de madera o fibra de vidrio entre 4 m y 8 m de eslora. Por su parte, la pesca de altura es realizada dentro del mar, desde la playa hacia mar adentro. Se realiza desde lanchas de 8 m de largo. Estas no están diseñadas para navegar mar adentro, pero suelen ser conducidas a por lo menos 12 Km de la línea de la playa (distancia a la que de ja de verse el continente), y mucho más si se cuenta con una brújula. La producción pesquera se destina en primera instancia a los puertos de cabotaje de Alvarado y Tlacotalpan y al puerto de altura de Veracruz.

Es notable la agudización en los últimos tres años de la migración de la fuerza de trabajo hacia las zonas industriales del norte del país y el extranjero. Este fenómeno se debe en gran medida al deterioro ambiental y la pérdida de productividad del ecosistema por causas humanas.

## EL CASO PARTICULAR DE LAS DUNAS COSTERAS

**ASPECTOS Físicos.** El estado de Veracruz posee alrededor de 640 Km de litoral (Moreno Casasola, 1994), y la mayor parte de éste está ocupado por un sistema de bancales de arena: las dunas costeras (o médanos). Como si fuera una estrecha cinta de bordes irregulares, con menos de 100 m y hasta más de 10 Km de ancho, los médanos ocupan poco más de 753 Km<sup>2</sup>, según estimaciones de Guzmán y Castillo (1989, citado en Moreno Casasola, 1994). Las dunas costeras de mayor extensión se encuentran en las porciones centro y S y del estado.

En la zona de estudio, en el sector comprendido entre Alvarado y Punta Puntillas, [as dunas son un elemento clave del paisaje (Figura 20), ya que cubren un área aproximada de 115 Km<sup>2</sup> (casi 1/6 de lo considerado para *el estado*). según nuestras estimaciones. Predominan las dunas alargadas (de 0.1 a 2 Km de longitud), con orientación N-S ó NE-SW, y proporcionalmente altas (hasta unos 80 m) y estrechas (alrededor de 0.5 Km de ancho), pero también pueden verse dunas constituidas por minúsculos lomeríos o simples barreras frente al mar de 2 a 30 m de alto. Es de hacer notar lo difícil que es el

tránsito a través de ellas, considerando tan solo las dificultades físicas: resulta extremadamente agotador caminar siguiendo una ruta paralela a la línea costera (o sea, E--W) y, por ende, transversal a la orientación de estos bancales. pues se pasa sin transiciones de cimas a hondonadas (ricas, como son llamadas localmente).

Las dunas consisten de cúmulos de arena que nacen a orillas del mar y se prolongan tierra adentro. La arena es formada por la temperización de las rocas y por el desgaste producido por el golpeteo incesante de las olas sobre los escarpes rocosos del litoral. Una vez formada, la arena es depositada en la playa por el movimiento del mar y después es empujada y acumulada hacia tierra firme por el viento hasta formar los médanos.

La combinación de cercanía del mar y composición arenosa del sustrato son los determinantes primarios de los fenómenos físicos y bióticos asociados a las dunas. Dado que en esencia la arena sigue siendo roca, pero *de tamaño* minúsculo, *los elementos químicos que* porta no están plenamente disponibles para las plantas\_ de manera que en los médanos el suelo es muy

pobre. Por otro lado, la textura gruesa del sustrato arenoso facilita la pérdida de agua y materiales solubles por evaporación, percolación o arrastre. De tal forma, no es fácil reunir las condiciones necesarias para el establecimiento de las plantas. o bien es muy fácil hacer que éstas se pierdan, por lo que una buena parte del suelo no alcanza a ser colonizado por plantas y aparece desnudo.

Todo parece contribuir a la crudeza ambiental en las dunas. El albedo (el reflejo de la energía solar que llega al suelo) es particularmente intenso en los sitios donde la arena permanece al descubierto. Por otro lado, la cercanía del mar hace que en la zona de dunas los fenómenos meteorológicos propios de las costas del Golfo de México (huracanes, tormentas tropicales, nortes) azoten con mayor intensidad que tierra adentro: el azar de las marejadas causadas por tales fenómenos motiva que la vida sea muy insegura. Un elemento determinante más es la intensa radiación solar y, por ende, el calor, debido a la

ubicación geográfica de Veracruz en la zona intertropical del planeta.

Dado que la arena es arrastrada con relativa facilidad por el viento, un aspecto que caracteriza a las dunas es su movilidad, y es que si hay algo que no falta en la zona de contacto tierra-mar es el viento, además de que si hay algo que escasea es una buena barrera vegetal contra el viento. Así, las dunas se desplazan tierra adentro hacia sotavento. Este desplazamiento causa los lomeríos de arena que caracterizan a las dunas. Su forma depende de la intensidad y dirección del viento, lo mismo que del tamaño y peso de las partículas de arena (Moreno Casasola, 1982). En los sitios donde la arena es más móvil, la disposición y forma de la duna



Figura 20. Imagen de satélite en infrarrojo del sistema de dunas costeras existente entre Alvarado y Punta Puntillas. La apariencia estriada del paisaje deviene de la orientación de las dunas, de N a S y NW a SE. Las zonas de color celeste indican alto albedo, causado tanto por las playas (que no tienen vegetación), como por la deforestación, lo que en las dunas significa erosión eólica, como puede verse claramente en una amplia banda de unos 20 Km de largo y alrededor de 1 Km de ancho. (Fragmento de imagen de satélite Landsat tomado y modificado de INEGI, 1993).

cambian incesantemente: sin embargo, en donde la vegetación tiene oportunidad de crecer, la duna detiene su avance y cambio de forma (Moreno Casasola *et al.* 1982). En la zona de estudio se manifiestan todos los grados de estabilidad de las dunas, pero el incremento en el ritmo de deforestación, ya sea por acción humana directa (Figuras 21, 22 y 23), o bien por efecto secundario de las actividades productivas (particularmente la ganadería extensiva) (Figuras 24 y 25), en tiempos recientes ha estado favoreciendo su erosión y mayor motilidad. Así, pueden encontrarse en las dunas altas frente al mar grandes socavones que han perdido la arena suelta y han descubierto las partes más compactadas a través de siglos, lo mismo que sitios donde la arena se ha depositado recientemente y no hay vegetación para retenerla (1• figuras 26 y 27).

**ASPECTOS BIÓTICOS.** Las dunas costeras constituyen un ambiente que no es fácil de habitar (Figura 28). Las características antes señaladas conspiran para crear un hábitat semiárido, áspero, muy restrictivo, pobre en recursos de todo tipo. Semeja un semidesierto que, paradójicamente, está rodeado de agua (Figuras 29 y 30), ya que al E se encuentra el mar y al W el sistema lagunar del humedal de Alvarado, las lagunas y ciénegas de Lerdo de Tejada y Ángel R. Cabada y los abundantes ríos y lagunas costeras de la sierra de Los Tuxtlas,.

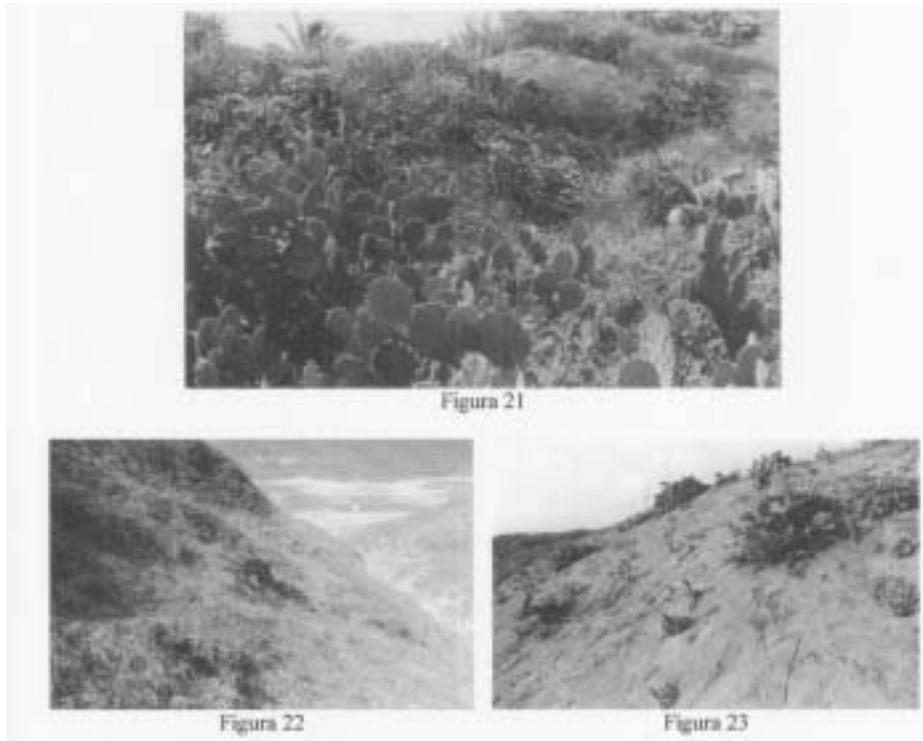
En las dunas se dan los ejemplos clásicos de lo que en ecología se conoce como sucesión, que consiste en una serie de etapas de establecimiento de organismos que secuencial y progresivamente sustituyen a unos para después ser sustituidos por otros con base en factores de oportunidad. Con la progresión de la sucesión, el ecosistema se desarrolla hacia estados de mayor madurez; se pasa de condiciones de poca producción de materia viva y cierta simpleza en la organización del ecosistema a condiciones de mayor productividad y complejidad (Tabla 2).

Tabla 2. Cambios en el ecosistema producidos por la sucesión (modificado de Odum. 1972).

→ SUCESIÓN →		
ESTADOS TEMPRANOS	ÍTEMS	ESTADOS MADUROS
Baja	Diversidad de especies	Alta
Cortas	Cadenas alimentarias	Largas
Pequeño	Tamaño de los organismos	Grande
Abiertos y rápidos	Ciclos minerales	Cerrados y lentos
Baja	Conservación de nutrimentos	Alta
Baja	Estabilidad ante disturbios	Alta
Baja	Producción de materia orgánica	Alta
Simple	Estructura de las comunidades	Compleja

En las dunas los factores naturales de oportunidad que inician la sucesión están definidos tanto por los fenómenos meteorológicos propios de las zonas costeras del Golfo de México, como por la perturbación antropogénica (la derivada del fuego para el manejo de pastizales o la roza-tumba-quema para el cultivo de plantas útiles al humano). Estos fenómenos significan para algunos organismos la apertura de espacios para la ocupación oportunista, mientras que para otros significan la pérdida de espacios ya ocupados, o bien la restricción para el crecimiento de sus poblaciones.

Las plantas que se establecen en las dunas son capaces de soportar sus duras condiciones ambientales y sus factores de oportunidad- Esto produce una vegetación natural que fisonómicamente varía poco a lo largo del litoral: achaparrada y áspera. Sin embargo, en un trayecto desde la línea costera hacia tierra firme pueden distinguirse al menos tres comunidades que se sustituyen progresivamente y que corresponden a tres estados sucesionales bien marcados (Vázquez Torres *et al.* 1999). La primera comunidad, donde el oleaje termina su influencia y pueden establecerse las primeras plantas terrestres (y, por ende, la vida es más azarosa), está compuesta por plantas precursoras, de pocos centímetros de altura, rastreras, rizomatosas y estoloníferas (como *Ipomoea rosea*, *Ipomoea pes-caprae*, *Sesuvium portulacastrum*, *Cassia chamaecristoides*, *Croton punctatus*, *Cyperus articulatus*, *Canavalia maritima*, *Cakile lanceolata* y *Lippia nodiflora*).



Figuras 21, 22 y 23. Deforestación antropogénica en las dunas costeras. Figura 21: la deforestación se inicia con la tumba y quema de matorrales, con lo que se arrasa a toda clase de seres vivos, incluidas especies consideradas en peligro de extinción en la Norma Oficial Mexicana, como *Zamia furfuracea*. Figura 22: pastizales inducidos en la zona de propiedad federal para ampliar la disponibilidad de sitios de pastoreo de terrenos adyacentes de propiedad particular. Figura 23: sembradío de yuca donde se dejaron individuos silvestres de *Z. furfuracea*; después de la deforestación, pero antes de iniciar la inducción de pastos, el propietario del lugar puede *obtener una* magra ganancia con la cosecha de un cultivo perenne o mediante el mercadeo ilegal de las plantas silvestres de valor comercial salvadas de la destrucción inicial.



Figura 24



Figura 25

Figuras 24 y 25. Deterioro de la cubierta vegetal causado por el ganado vacuno. Figura 23: evidencias de sobrepastoreo en la ladera de una duna. Figura 24: destrucción de la vegetación de la zona de propiedad federal por tránsito de vacas cerca de un bebedero natural estacional.



Figura 27

Figuras 26 y 27. Desplazamiento de las arenas de las dunas por erosión. Figura 26: socavón frente al mar que ha puesto al descubierto las partes endurecidas durante siglos al interior de la duna. Figura 27: duna en desplazamiento hacia el continente por ausencia total de vegetación capaz de retenerla; obsérvese como unas pocas briznas de pasto son *suficientes para alterar la* simetría del desplazamiento, lo que evidencia que la deforestación debió ser mayúscula para poder alcanzar este grado de motilidad de la duna.



Figura 28. Dunas costeras de la zona de estudio un mediodía de invierno. La elevada humedad de la atmósfera difumina la gran duna del fondo, a pesar de que está cerca (a unos 150 m) del punto donde se tomó la fotografía. Esta humedad es portadora de la energía solar que evaporó el agua de mar (a menos de 100 m a la derecha), y contribuye a aumentar la sensación de calor, lo cual es agravado por la intensa radiación solar y el albedo de la arena descubierta por la deforestación antropogénica, el pisoteo del ganado y la erosión eólica. En consecuencia, los sitios sombreados y el agua líquida se vuelven recursos preciados para las plantas y animales que viven en *este* caldeado ambiente.



Figura 30

Figuras 29 y 30. Cuerpos de agua entre las dunas costeras. Figura 29: manglar en un pantano con influencia de aguas marinas y aguas dulces a orillas del sistema de dunas del municipio de Lerdo de Tejada, Ver. Figura 30: cenagal rodeado de dunas en el ejido de Ciénega del Sur, municipio de Alvarado, Ver.; la ciénaga está delimitada por fragmentos de selva mediana subperennifolia (de color verde oscuro); la vegetación que se ve en su interior no es de forrajes ganaderos, como los que crecen en la duna en primer plano (de color verde amarillento), sino de plantas acuáticas de diversa índole.

La segunda comunidad, donde la arena ha sido medianamente estabilizada, está conformada por matorrales densos, comúnmente espinosos, que en algunas partes es casi intransitable, las plantas son muy resistentes pero menos tolerantes que las del grupo de las precursoras, y entre ellas se encuentran hierbas -en particular algunos pastos--, algunas suculentas y arbustos menores a 3 m de alto (como *Opuntia stricta*, *Randia aculeata*, *Cyatharexylum ellipticum*, *Acacia cornigera*, *Jacquinia charantiaca*, *Coccoloba uvifera*, *Chrysobalamus icaco* y *Zamia furfuracea* entre otros): las plantas situadas en barlovento presentan una pequeña inclinación debido al viento pertinaz y fuerte de la costa. La tercera comunidad está conformada esencialmente por matorrales espinosos y fragmentos de selva baja subperennifolia, la cual está compuesta por árboles bajos de hasta 5 m de altura que pueden perder una parte o el total de su follaje durante la sequía (las especies características son *Dyphysa robinoides*, *Trichilia glabra*, *Karwinskia humboldtiana*, *Cañania sp.*, *Bursera simarouba*, *Ficus obtusifolia* y *Gliricidia sepium*), que ocupan la zona donde las dunas han sido fijadas por las comunidades de plantas a las que sucedieron.

Otras comunidades que pueden verse entre o en las colindancias inmediatas de las dunas están asociados a cuerpos de agua permanentes, estacionales u ocasionalmente inundables. Otras inclusiones derivan de suelos arcillosos que, a manera de lenguas de tierra o islotes de suelo caférojizo entre los arenales, irrumpen en las dunas. Los tipos de vegetación que ahí se desarrollan son: manglar, tular, popal, apompal, vegetación riparia con *Ficus*, palmar y selva mediana subperennifolia. Estos tipos de vegetación se entremezclan con la de las dunas, según sea la disponibilidad de agua y suelo, y forman mosaicos de muy diverso tamaño, forma, estructura y composición de especies.

Todos estos tipos de vegetación suenan una riqueza de especies de plantas sorprendentemente alta. Además, sirven de hábitat a una fauna muy diversa, considerando insectos, aves, mamíferos, peces, reptiles y crustáceos. Algunas especies animales son capaces de explotar sólo un tipo de vegetación, otras se distribuyen facultativamente en varios ámbitos, otras más se desplazan oportunistamente entre un ámbito y otro, ya sea escapando a condiciones rigurosas (como la depredación, la deshidratación, el fuego, o, por el contrario, la inundación), o bien buscando recursos y mejores condiciones (por ejemplo, follaje verde, frutos, semillas, sitios de anidación o presas, las que a su vez podrían ir tras su propio alimento). Los diferentes tipos de vegetación igualmente sirven de hábitat temporal a especies migratorias (aves y crustáceos) que viajan estacionalmente desde el Norte del continente siguiendo la línea costera (aves de rapiña y aves acuáticas), o arriban desde el mar o desde los cuerpos de agua dulce continentales (camarones y cangrejos), ya sea para escapar de climas adversos o bien para reproducirse.

Prácticamente todo lo anterior se cumple para las dunas tanto de la zona de estudio como las del resto del estado, excepto para el caso de *Z. furfuracea*, la planta objeto del presente estudio. Hay algunos factores que sutilmente distinguen al sistema de dunas de la localidad y que tal vez sean determinantes para la distribución de la especie en cuestión. El estado de Veracruz es muy largo en la orientación N-S, lo que provoca una diferencia de latitud de casi cuatro grados entre los extremos N y S.

sin embargo en realidad a lo largo del litoral las condiciones atmosféricas y ecológicas varían poco: lo que en verdad es diferente entre los extremos del estado es la exposición a

los fenómenos atmosféricos por la forma curvada de la costa. Así, hacia el centro y S de Veracruz el clima es más tórrido que hacia el N. sin embargo hacia el N es donde las tormentas tropicales y huracanes pueden azotar con mayor probabilidad. Hacia el centro y S los vientos de todo tipo azotan con mayor continuidad a lo largo del año pero con menor intensidad, lo que se traduce en menores probabilidades de eventos catastróficos y, por ende, en mayor estabilidad del hábitat, y es en este ambiente donde se reúnen las mejores condiciones para el establecimiento de *Z. furfuracea*.

**ACTIVIDADES PRODUCTIVAS.** En contraste con las tierras interiores, los médanos ofrecen al agricultor pocos recursos silvestres (frutas, miel de colmena, animales de caza y de recolecta, forrajes) (Figuras 31 y 32). Exigen, además, un gran esfuerzo para ser transformados en comparación con su baja productividad. El calendario agrícola comienza en el estiaje- cuando dominan los vientos secos y calientes del sur; la vegetación de las dunas (espinosa, chaparra y densa) es eliminada a mano, con machetes y hachas: los troncos mayores son aprovechados como postes para cercas y el resto es reducido a ceniza. Al llegar las primeras lluvias se siembran, principalmente, maíz, yuca y sandía, y el terreno no se vuelve a preparar para el cultivo sino que es dejado en barbecho (es decir\_ es abandonado después de la cosecha). Además, dada la accidentada microtopografía y la inestabilidad de las arenas, existen pocos caminos fuera de los marcados por el paso del ganado, aunque es una situación que tiende a cambiar poco a poco pues, por ejemplo, entre los años 1999 y 2000 se terminó la construcción de un camino que va de la ciudad de Ángel R. Cabada a la playa de su jurisdicción, lo que fue seguido de la mejora de los caminos anexos a éste (más viejos) y el camino que da salida hacia la carretera federal a la comunidad de Ciénega del Sur. Aún así\_ el uso de vehículos automotores es muy limitado o definitivamente ausente, por lo que los campesinos de la región tienen como transporte por excelencia a las bestias de carga (caballos,

burros y mulas) y como herramienta al machete.

Todo lo anterior significa que la actividad agrícola en las dunas costeras requiere altas inversiones de mano de obra y de horas/hombre, por lo que tiende a ser costosa a largo plazo, Pero no es costosa únicamente en términos humanos, también lo es en términos ecológicos, pues la escasa cubierta fértil del suelo se pierde rápidamente por escurrimiento o por disolución; con ello el ecosistema es dejado en los estadios más tempranos de la sucesión. Y esto no es un efecto de largo plazo, más bien se hace notar rápidamente, ya que la pérdida de fertilidad impide subsecuentes temporadas de cultivo y no se puede ir más allá de un solo ciclo agrícola.

La cría de ganado vacuno no exige invertir esfuerzo tan caro como la agricultura. Eso sí, puede requerir el exterminio casi completo de la vegetación forestal natural para establecer pastizales. El ganado

tiene un mayor valor que los cultivos y asegura ingresos continuos por la producción de leche, para el ganadero significa una promesa de riqueza constante y creciente pues las vacas se crían de manera casi silvestre y requieren cuidados mínimos.

**IMPACTO ANTRÓPICO SOBRE EL ECOSISTEMA.** El ideal del bienestar fincado esencialmente en la ganadería ha sido el motor más fuerte de la transformación de los médanos en prácticamente toda su extensión. Sin embargo, después de varias décadas de expansión la crianza de ganado no ha logrado la bonanza económica esperada debido a su insostenibilidad ecológica. Así como la ganadería promete mayor rentabilidad económica, asegura de igual manera el deterioro ambiental del sitio donde se asienta. Paradójicamente las tierras ganaderas sufren las consecuencias negativas de su propia existencia; por un lado la fertilidad del suelo disminuye continuamente dada la pérdida de nutrientes por percolación, por otro la vegetación de los potreros o pastizales ganaderos ofrece escasa protección ante la insolación y, en consecuencia, el suelo se reseca rápidamente, en tanto que el ganado sufre bajo los rayos del sol sin tener donde escapar. Además, el tránsito del ganado, sumado a la acción erosiva de las lluvias y del viento, causa la pérdida del escasísimo suelo y propicia el afloramiento de la arena. Por último, quemar anualmente los pastizales para inducir su regeneración y exceder la capacidad de carga de los médanos por sobrepastoreo son costumbres comunes que agudizan el deterioro del sistema.

Bajo estos sistemas agropecuarios de explotación las dunas costeras se han deteriorado continuamente hasta encontrarse áreas extensas en franco proceso de desertización. La idea de acaparar la producción global a cualquier costo reduce la diversidad biológica del ecosistema artificial hasta una cantidad mínima de especies, entre las que sobresalen pastos nativos o exóticos, herbívoros exóticos de grandes dimensiones (las vacas), malezas- insectos parásitos y, por supuesto, el hombre (consumidor último y manejador del sistema). Frente a la playa, dentro de la zona de propiedad federal, algunas dunas expuestas al libre tránsito del ganado, al sobrepastoreo a los intensos vientos marinos y a las lluvias torrenciales, han perdido por completo la cubierta vegetal, se han formado hondos boquerones sobre las laderas y toneladas de arenas han sido arrastradas hacia el interior. Tierras planas de cultivo y de pastoreo aledañas a los médanos están constantemente amenazadas por el avance de las arenas procedentes de las dunas que han recuperado su movilidad por la deforestación. Igualmente corren el riesgo de ser sepultados por las arenas móviles caminos vecinales, carreteras estatales y cuerpos de agua dulce, estos últimos tan vitales como frágiles para animales y humanos.



*Figura 31*



*Figura 32*

*Figuras 31 y 32. Animales silvestres extraídos del ecosistema de dunas.*

Figura 3 1: mapaches en proceso de aliñado; de ellos se obtienen carne y piel.

Figura 32: lagartija verde en su hábitat; ésta y otras especies son atrapadas vivas para luego ser vendidas en mercados internacionales de mascotas.

Los factores de deterioro ambiental mencionados y la declinante productividad agropecuaria han forzado a la población al cambio de actividad económica. La pesca ha sido una actividad siempre presente en la zona pero poco atractiva en la actualidad por análogos problemas ecológicos y productivos. Paradójicamente, el abuso de la naturaleza en nombre del desarrollo humano ha resultado en la depresión del mismo.

El comercio es una opción más urbana que campesina, y exige capital (recurso escaso en el campo mexicano). Así, ante la pérdida de oportunidades para el desarrollo, gran parte de la población joven ha ido en busca del trabajo asalariado y ha emigrado a ciudades lejanas del Norte de México y a Estados Unidos, actualmente algunos pueblos tienden a estar habitados únicamente por niños y adultos, no por jóvenes (situación evidente en los municipios de Alvarado y Lerdo de Tejada): inclusive en algunos lugares la comunidad ha decrecido (el mejor ejemplo que conocemos es el pueblo de Punta Puntillas, municipio de Ángel R. Cabada).

Cabe aclarar que este fenómeno de emigración tiene raíces en la sobreexplotación de los recursos naturales y el deterioro ambiental. Al disminuir la población humana en el campo se ha desacelerado su transformación y hasta ha habido una modesta recuperación natural en algunas tierras abandonadas por los emigrantes.

Una actividad modestamente exitosa es el turismo. junto con su corolario de recreo, sin embargo, es tan nociva para el ambiente natural como el crecimiento urbano. Las playas comprendidas entre Toro Prieto (cerca del Caro de punta Roca Partida) y El Morro (a la salida de la laguna costera de Sontecomapan), pero particularmente las playas de Monte Pío. Playa Escondida, Balzapote y Jicacal (de los municipios de San Andrés Tuxtla y Catemaco), han sido fuertemente impactadas por una actividad turística que no respeta el paisaje, la vida silvestre y, mucho menos, la dinámica ecológica de las dunas. El turismo lamenta la urbanización (construcciones, acueductos, drenajes, vías de tránsito) y tiende a montar un escenario devastador de casas de campo, cantinas, ruido increíblemente alto, palmas de coco, campos deforestados casi al 100 % y cultivos de plantas exóticas que no prosperan sin subsidio ecológico.

Las dunas costeras no pueden soportar esta presión. Constituyen un ecosistema frágil, expuesto a las más fuertes tormentas tropicales y sensible a la perturbación causada por las actividades productivas humanas- Debido al sustrato arenoso, tan pobre y tan poco sustancial en comparación con suelos con mayor contenido de arcillas, la ocupación humana, la deforestación y el sobrepastoreo tienen fuertes impacto para la vida. Es muy fácil causar la erosión de los suelos y, con ello, la pérdida de los elementos que permiten el establecimiento de las plantas. El uso intenso y amplia remoción de que es objeto la vegetación natural producen:

Degradación del suelo. debida a erosión eólica y pluvial y cambio de los procesos bióticos, lo que provoca productividad agrícola baja y aparición de plagas y malezas.  
b) Cambios micro y macroclimáticos. caracterizados por aumentos notables en el promedio anual de temperatura del aire y del suelo. Declinación en la disponibilidad de recursos.

Tendencia al predominio de los estados sucesionales más tempranos.

Declinación ecológica de los remanentes de vegetación natural, que tienden a soportar comunidades menos diversas que las originales.

Disminución de las reservas de germoplasma natural, por disminución del reclutamiento de nuevos individuos de cada especie.

Aumento en la susceptibilidad ante eventos catastróficos, especialmente sequías y huracanes.

Todos estos efectos no son los únicos, sino los que se pueden observar de manera más inmediata. Tampoco se producen de manera aislada, sino en combinaciones muy complejas. Sumados pueden conducir, dependiendo del grado de perturbación del ambiente, a la imposibilidad de regeneración de la vegetación natural y a la factibilidad de extinción masiva de especies vegetales y animales.

La función amortiguadora de la vegetación natural de las dunas ante vientos, mareas, tormentas e inundaciones ha sido ignorada por las comunidades humanas asentadas sobre ellas. Éstas han debido pagar caro este *error en los momentos* en que tales desastres se han hecho presentes. El paradigma escénico (verde y sombreado) en el imaginario del turismo de la costa tropical y la consigna campesina del desmonte como horma de civilizar a la tierra, han causado el deterioro y exterminio de la vegetación natural y, consecuentemente la disminución de la productividad del ecosistema. alrededor de las áreas turísticas de la costa de Veracruz y. con ello. han aumentado los riesgos de desastres por la penetración repentina del mar.

Pero la pérdida de la cubierta vegetal no solo merma la productividad ecosistémica,, sino que hace que ciudades. poblados, vías de comunicación y equipamiento urbano de las zonas circundantes sean más vulnerables a la corrosión salina, a la invasión de arenas y a toda clase de efectos negativos tanto de sequías como de tormentas originadas en el mar. Así mismo provoca la desaparición desastrosa de

playas por avance del mar tierra adentro por avance gradual o repentino durante situaciones de alto riesgo para los humanos, como en los huracanes. Todo ello es claramente visible de alguna u otra manera en las ciudades de Veracruz, Alvarado, Lerdo de Tejada, Ángel R. Cabada y Coatzacoalcos.

Algunas soluciones. como barreras rompeolas, muros guardaplaya,, escolleras de piedra y barreras rompevientos con árboles introducidos- las cuales han sido practicadas en los puertos

de Veracruz, Alvarado y Coatzacoalcos por tratarse de sitios donde el valor de las instalaciones justifica fuertes inversiones en construcciones de dimensiones babilónicas no han sido otra cosa que paliativos. pues tarde o temprano han sido superadas por marejadas de tormenta y vientos fuertes. Simplemente no son acordes a la dinámica ecológica de las dunas y su zona intermareal.

A pesar del panorama tan desalentador, el sistema de dunas incluido en el área de estudio aún conserva un fuerte componente natural. tanto de especies residentes como de migratorias (Figura 33). Desempeña incluso el papel de refugio ya que la situación en los ecosistemas naturales vecinos es aún peor; sorprende ver cómo en el borde exacto de las dunas no hay otra cosa que pastizales para fuertes inversiones en construcciones de dimensiones babilónicas, no han sido otra cosa que paliativos, pues tarde o temprano han sido superadas por marejadas de tormenta y vientos fuertes. Simplemente no son acordes a la dinámica ecológica de las dunas y su zona intermareal.

A pesar del panorama tan desalentador, el sistema de dunas incluido en el área de estudio aún conserva un fuerte componente natural, tanto de especies residentes como de migratorias (Figura 33). Desempeña incluso el papel de refugio, ya que la situación en los ecosistemas naturales vecinos es aún peor; sorprende ver cómo en el borde exacto de las dunas no hay otra cosa que pastizales para ganadería o cultivos de caña de azúcar (Figura 34). Es así que las dunas costeras ahora alojan animales y plantas silvestres que antes las habitaban solo de manera marginal y que ahora encuentran ahí prácticamente su última posibilidad de permanencia en la zona.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Generar información poblacional de la especie *Zamia furfuracea* útil para su manejo sustentable.

### OBJETIVOS PARTICULARES

1. Delimitar con precisión el área de distribución de la especie, distinguiendo zonas de distinta abundancia.
2. Determinar la densidad, la estructura y la proporción sexual de la población silvestre de la especie.
3. Calcular el tamaño total de la población.
4. Calcular el potencial reproductor de la especie (cantidad de semillas producidas anualmente).
5. Proponer elementos para un plan de manejo de las poblaciones silvestres de la especie: categorías de explotación, cuotas posibles de recolección de semillas y zonas prioritarias de reintroducción.

## MÉTODO

GENERALIDADES. Originalmente planeamos que la investigación durara 12 meses, pero fue necesario ampliar las actividades un año más, de finales de octubre de 1998 a finales de septiembre de 1999 en el primer período de actividades y desde principios de octubre de 1999 hasta finales de diciembre de 2000 en el segundo período. En el aspecto demográfico, este tiempo abarcó dos ciclos reproductores de la especie. En el aspecto climático incluyó las etapas de mayor impacto en la naturaleza en general de los fenómenos climáticos globales de "El Niño" y "La Niña", los cuales significaron no solo factores restrictivos para nuestra actividad en el campo, sino también las mayores fuentes de sesgo en nuestros muestreos.

La mayor parte de las actividades las dedicamos a la generación de datos de campo, debido a la necesaria observación de las plantas y sus fenómenos fenológicos. Enfocamos los resultados numéricos de estos muestreos hacia la atención de los objetivos particulares 1 a 4; la atención al objetivo particular 5 la derivamos del análisis y discusión de tales resultados.

Para facilitar las actividades de campo debimos primero promover el proyecto entre algunas personas y así lograr la buena disposición de los lugareños para aceptar nuestras actividades y participar de alguna manera en ellas. En particular esto debimos hacerlo en los lugares donde ubicamos los campamentos base, que eran los más cercanos a los sitios de muestreo en que éramos de alguna manera ya relativamente conocidos. La mayoría de las veces situamos tales campamentos en los ejidos de Ciénega del Sur (municipio de Alvarado), Salinas (municipio de San Andrés Tuxtla), Los Órganos (municipio de San Andrés Tuxtla), Capultéotl (municipio de Catemaco) y Pilapillo (municipio de Pajapan).

Para llegar a los sitios de muestreo hubimos de realizar muy largas caminatas (de hasta 30 Km entre la ida al sitio de muestreo y la vuelta al campamento base) en combinación con transportación terrestre (con automóviles y bestias de carga) y marina, lo cual nos exigió la aplicación de grandes esfuerzos físicos. El geoposicionador (GPS Garmin 12 XL) y la brújula (Tommen) fueron instrumentos clave para la ubicación de tales sitios, así como la frecuente compañía de guías locales comprometidos con la idea de no divulgar la localización de las plantas. Ya en las localidades de muestreo, para poder llegar a las plantas abriendo un poco la vegetación ocasionalmente utilizamos machetes, aunque fue una práctica que evitamos al máximo por su alto impacto en la fisonomía y conservación del matorral; lo que sí usamos con frecuencia fueron calzas de cuero grueso (chaparreras, polainas, guantes) capaces de defendernos de las plantas espinosas y urticantes; algunas veces, al escalar escarpes rocosos, usamos cuerdas y guantes delgados; además hubimos de aprender a prevenir encuentros peligrosos con ganado semisilvestre y a reaccionar adecuadamente ante sus amenazas. En todas las circunstancias era obligado cargar con al menos dos litros de agua para beber por persona, un botiquín de primeros auxilios, sueros antiviperinos, ropa gruesa

de algodón, botas de cuero, sombreros, mangas para las lluvias o para sombrear y lámparas de pilas para las ocasiones en que hubiéramos de caminar por la noche (lo que sucedió con cierta frecuencia debido a inevitables extravíos, aún en compañía de guías de campo).

Las excursiones al campo para los muestreos generalmente duraban entre 5 y 15 días de cada mes y medio a dos meses. La estancia en los sitios de muestreo comúnmente duraban de las 8 ó 10 de la mañana (dependiendo de la distancia que fuese necesario caminar para llegar desde el campamento base y localizar el punto de muestreo) hasta las 5 ó 6 de la tarde (dependiendo de la disponibilidad de luz solar para ver las plantas, de la posibilidad de evitar encuentros con serpientes venenosas crepusculares y de la distancia que era necesario caminar para regresar al campamento base). El equipo de trabajo típicamente estaba conformado por dos personas de nuestro equipo y un guía de campo.

En el trabajo de campo delimitamos el área de distribución de la especie y realizamos muestreos acerca del número total de individuos presentes en la población, de los juveniles, los adultos y, de entre estos últimos, los machos y las hembras; igualmente estimamos el tipo y grado de daños de las plantas y realizamos observaciones generales. Además realizamos un experimento de germinación para intentar determinar el número de semillas y plántulas que potencialmente es capaz de generar la población reproductora. Los métodos de muestreo evitaron siempre la posibilidad de contar más de una vez a un individuo.



Figura 33. Aves migratorias levantando el vuelo después de haber sido asustadas cuando se disponían a descansar y pasar la noche en los pocos árboles que quedan alrededor de un pantano entre las dunas (el lomerío del fondo), *cerca de* la ciudad de Ángel R. Capada, Ver., donde permanecen durante toda la temporada invernal.



Figura 34. Cañaverales y pastizales en las cercanías del ejido de Ciénega del Sur, municipio de Alvarado, Ver. sembrados sobre terrenos arcillosos al margen de las dunas (que aparecen en primer plano. cubiertas de pasto amarillento).

Para los trabajos de oficina usamos las instalaciones y el equipo de cómputo del Instituto de Investigaciones Biológicas de la Universidad Veracruzana en Xalapa, Ver., donde laboramos. Concentramos los datos de campo en la hoja de cálculo del programa de computación Excel, versión 7.0 para Windows 1995, aunque después debimos usar la versión para Windows 2000 por renovación del equipo de cómputo. Con tales datos determinamos las estadísticas básicas del muestreo; dado que no existió hipótesis en la investigación, únicamente aplicamos procedimientos de estadística descriptiva (Daniel, 1987), consistentes en medidas de tendencia central (media, moda) y de dispersión (desviación estándar), con las cuales estimamos la media y la desviación estándar de la población en todas las variables numéricas.

23 Finalmente, con la información obtenida, y usando la cartografía del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI, 1981, 1982a, 1982b, 1984a, 1984b, 1984c, 1984d, 1984e, 1984f, 1997, 1998), elaboramos tres mapas. Uno señala el territorio explorado y los sitios de muestreo (escala 1:250,000), otro indica el área de distribución (escala 1:250,000) y el último (constituido por siete cartas a escala 1:50,000) señala las zonas de abundancia de la especie.

#### ACTIVIDADES DURANTE EL PRIMER AÑO (octubre de 1998 a septiembre de 1999).

Inicialmente realizamos recorridos de reconocimiento en toda el área potencial de distribución de la planta, desde punta Antón Lizardo, al SE del puerto de Veracruz, hasta unos 20 Km al E del río Tonalá, que limita los estados de Veracruz y Tabasco, y alrededor del poblado de Rincón de la Palma, municipio de Alvarado, Ver. (Mapa 1 del Anexo V). Indagábamos entre los habitantes de la zona y comprobábamos directamente la presencia de la especie, tanto en puntos previamente conocidos por nosotros como en sitios aledaños. Los informantes fueron los viveristas recolectores de semillas y campesinos. En los sitios donde comprobábamos la presencia de la especie procedíamos a contar los individuos localizados. Con base en la densidad aparente decidimos la técnica adecuada para el canteo de individuos y semillas: censos o muestreos.

En las localidades donde hallamos a la planta poco representada, ocupando pequeñas extensiones de terreno (menos de 3 Ha) o franjas estrechas (de unos 20 m de ancho) en líneas de playa y acantilados, o la consideramos representada solo por ejemplares aislados, contamos todos los individuos encontrados y medimos el área o la longitud de terreno que ocupaban. Los datos que tomamos en las plantas individuales, en todos los casos en que podíamos, fueron: edad aparente (plántula, juvenil, adulto), sexo (determinado con base en conos presentes o rastros de él), número de conos y daño observable en la planta según tipo (deshidratación, supresión o deformaciones por competencia lumínica con otras plantas, herbivoría, depredación antrópica, pisoteo de ganado, incendio) y grado (ausente, escaso,

mediano, grande).

En las localidades donde la planta era más abundante (20 o más individuos por hectárea en extensiones iguales o mayores a 1 ha), hicimos muestreos en parcelas cuadradas de 1 Ha (cuadros de 100 m X 100 m). Con lo visto en los recorridos prospectivos determinamos que el método para ubicar las parcelas fuera dirigido, dada la caprichosa distribución de las plantas producto de la *elevada* fragmentación antropogénica del paisaje. Así, establecimos las parcelas en los sitios donde localizábamos la planta y que estuvieran separados al menos 5 Km en línea recta en cualquier dirección. Delimitábamos las parcelas usando cuerdas marcadas cada metro e inmediatamente tomábamos los datos. Los datos que tomábamos en todos los casos fueron: número de individuo, posición en la parcela de muestreo, vigor, dimensiones (diámetro de la corona de frondas y altura de la fronda más alta), ramificaciones (número de coronas de frondas; considerábamos como ramificaciones todas las coronas que crecieran con separaciones no mayores a 10 cm), cantidad de frondas por corona, tipo y grado de daño observable, edad aparente, sexo (determinado con base en conos presentes o rastros de él), número de conos y número de semillas por cono. En todas las localidades hicimos observaciones sobre aspectos ecológicos relevantes: substrato (tipo -arenoso, arcilloso, rocoso- y microtopografía), luminosidad (heliofilia, umbrofilia), exposición a vientos húmedos del mar (barlovento, sotavento), vegetación (tipo, fisonomía, densidad, altura y especies dominantes o más frecuentes) y tipo y grado de disturbio. La idea era alcanzar un máximo de 50 de estas parcelas de *muestreo*, pero pudimos establecer únicamente seis de ellas debido a múltiples atrasos, pero más que nada a la lentitud del método para ubicar las parcelas por causa de las grandes dificultades para transitar y localizar las plantas entre la vegetación cerrada y el terreno áspero.

Antes de iniciar los muestreos según lo indicado arriba, *establecimos una parcela* de muestreo permanente en una localidad distante 1 Km del mar, con coordenadas GPS de 18° 42' 37" N y 95° 30' 52" W, a 2 Km al NE del ejido Ciénega del Sur, donde percibimos que la planta estaba bien representada (más de 50 individuos/Ha), y tuvimos la promesa del propietario del terreno de que la vegetación (fragmentos de matorral espinoso) no sería disturbada más allá de lo que ya estaba por la inducción de pastizales. Ahí numeramos, etiquetamos y mapeamos en un croquis todas las *plantas de Z. furfuracea* que encontramos. Por desgracia tuvimos que abandonar dicha parcela por un gran incendio generado en otra propiedad que abrasó toda la vegetación del lugar. Posteriormente buscamos otros sitios donde establecer parcelas de muestreo permanente en condiciones ecológicas distintas (por tipo de vegetación, densidad de la vegetación, mosaicismo de la vegetación, tipo de suelo, grado de insolación, distancia al mar) y contamos con las bases para suponer que durante el desarrollo del proyecto las parcelas no serían disturbadas, lo que no logramos por la incertidumbre en la permanencia de las condiciones naturales.

En la época de maduración de los estróbilos femeninos hicimos esfuerzos para recolectar los que se encontraran dentro de las parcelas permanentes y en los sitios de baja representatividad de la especie (en cada localidad o sector lineal con 5 Km de separación), por supuesto bajo el permiso de las autoridades correspondientes. La idea original era que la cantidad máxima de megatróbilos que se

recolectaran en cada parcela permanente o punto de recolecta fuera 20, dado que la producción de semillas

sumada se encuentra en el límite manejable por nuestro equipo de trabajo (tonteo, limpieza, almacenaje, siembra). Posteriormente, en el gabinete desarticularíamos y contaríamos las semillas contenidas en cada uno. Las semillas recolectadas serían limpiadas y almacenadas durante seis meses para que, al cabo, se sembraran en el "Vivero Ciénega del Sur" de la Universidad Veracruzana y, finalmente, registraríamos el porcentaje de germinación, lo cual habría de ocurrir hacia el final de la investigación. Pues bien, no pudimos hacer nada de ello pues no encontramos más que tres conos femeninos; los restantes aparentemente habían sido cosechados por saqueadores ilegales, quienes no sólo cortaron los conos en estados relativamente tempranos de madurez, sino que también tomaron muchos de los conos masculinos -que no producen semillas. En virtud de esto último y a la no representatividad numérica de los conos que cosechamos, nos fue imposible realizar el ensayo de germinación indicado.

**ACTIVIDADES DURANTE EL SEGUNDO AÑO** (octubre de 1999 a diciembre *de 2000*). Dada la imposibilidad de realizar el ensayo de germinación, así como el atraso en los muestreos, y con base en la experiencia adquirida durante el primer año, decidimos -con aprobación de la CONABIO- ampliar las actividades un año más y modificar el método de trabajo. Para no rastrear las plantas en parcelas de 1 Ha ubicadas en cualquier dirección, establecimos parcelas de menor extensión ubicadas regularmente en transectos en banda dispuestos sobre arenales, e hicimos un censo en la zona de suelos arcillosos de tierra adentro, según la siguiente distinción de zonas y métodos:

**En la línea costera:** muestreo semidirigido con base en un transecto en banda de 150 Km de longitud siguiendo el margen de playas y cantiles entre el puerto de Alvarado y punta El Campanario, municipio de Pajapan, Ver. (en general de W a E, aunque también con segmentos importantes orientados de N a S). El ancho de la banda fue de 40 m, que en los litorales marinos *es el ancho máximo* de lo que se considera zona de propiedad federal (o "zona federal", como se dice localmente), lo que, por otro lado, incluía por completo las primeras tres series sucesionales de plantas después de la zona sin vegetación delimitada por las mareas de tormenta de las playas.

Para facilitar la delimitación de parcelas, el rastreo minucioso de las plantas bajo estudio y la elaboración de croquis de la vegetación del sitio, decidimos establecer parcelas cuadradas de muestreo de 1,600 m<sup>2</sup>. Según vimos, en tal extensión se podían reunir las mayores condiciones microambientales relevantes para *Z. furfuracea*. Establecimos 31 sitios de muestreo (Mapa 1 del Anexo V) constituidos por cuatro parcelas contiguas de 40 m X 40 m, dispuestas cada 5 Km a lo largo de la costa. A éstas en principio las consideramos repeticiones, concepto que abandonamos al realizar los análisis estadísticos por sus bajos promedios en comparación con sus altas varianzas -como si hubiera poca relación de un sitio a otro-, y en cambio sumamos las cuatro parcelas para lograr mayor representatividad de los datos. Colocamos el punto cero (de arranque) del transecto en la margen derecha de la desembocadura del río Papaloapan, al pie del puerto de Alvarado, y avanzamos al E-SE hacia la zona de Los Tuxtles, hasta llegar a 2 Km al SW de punta El Campanario, municipio de Pajapan, al pie del volcán San Martín Pajapan; inicialmente

habíamos planeado llegar hasta el complejo industrial Cantarranas, al W del puerto de Coatzacoalcos, con lo que sumaríamos 35 sitios de muestreo en 175 Km de transecto, pero al percatarnos de la total ausencia de la planta en los últimos 20 Km del transecto decidimos no muestrear en ese sector. Elegimos dos de los sitios (uno en el ejido Ciénega del Sur, municipio de Alvarado, y otro en el ejido Capultéotl, municipio de Catemaco) como cuadros permanentes de muestreo por mostrar posibilidades de permanecer sin influencia antrópica o de sufrir erosión por viento u oleaje; en ninguno de los restantes sitios de muestreo tuvimos garantías de permanencia del medio natural.

**En las dunas fijas y semifijas de Alvarado, Lerdo de Tejada y Ángel R. Cabada:** muestreo semidirigido con base en una serie de transectos en banda de longitud variable (1 Km el más corto y 6 Km el más largo) con desplazamiento N-S de la margen costera hacia tierra adentro (Mapa 1 del Anexo V). El ancho de la banda fue de 80 m, lo que sumaba el ancho de dos parcelas de la línea costera. Para los 115 Km<sup>2</sup> de superficie que estimamos para las dunas costeras, determinados con base en la cartografía de INEGI (1982b, 1984a, 1984b, 1984c), consideramos 10 transectos en banda de longitud suficiente para cubrir la variable anchura de la franja de dunas costeras (1 Km, 2 Km, 1 Km, 2 Km, 2 Km, 3 Km, 6 Km, 2 Km, 1 Km, 1 Km). En los transectos ubicamos 23 sitios de muestreo, constituidos cada uno por cuatro parcelas de 40 m X 40 m dispuestas contiguamente (dos al N y dos al S) cada kilómetro. Dispusimos el punto cero de cada uno de estos transectos cada 5 Km, arrancando 1 Km al S de cada sitio de muestreo del transecto de la línea costera. En el ejido Ciénega del Sur, municipio de Alvarado, elegimos uno de los sitios como cuadro permanente de muestreo por tener la promesa del propietario del predio de que respetaría y cuidaría del fuego y el tránsito del ganado a las zamias y su entorno.

**En los entinares al NW del puerto de Alvarado:** censo dirigido con base en una extensión sin forma ni tamaño definidos alrededor del ejido de Rincón de la Palma, municipio de Alvarado, Ver. (véase Mapa 1 del Anexo V), localidad de tierra adentro con suelos arcillosos ocupados por una mezcla de palmares y encinares de tierras bajas. Para poder rastrear a la especie en cuestión llevamos en macetas ejemplares vivos que mostramos a posibles informantes de la localidad. Una vez localizadas, contamos las plantas y estimamos el área que ocupaban.

**Experimento de germinación:** realizamos el ensayo según lo planeado para el primer año de actividades. Fijamos los sitios de muestreo después de establecer compromisos entre los lugareños para evitar el saqueo de las estructuras reproductoras, en especial en los ejidos de Salinas-Roca Partida, Toro Prieto y Vista Hermosa, todos del municipio de San Andrés Tuxtla. Recolectamos los conos femeninos en diciembre de 1999 y almacenamos durante ocho meses las semillas que de ellos obtuvimos. La idea original era almacenar tales semillas durante seis meses y sembrarlas a principios de junio de 2000 en el vivero "Ciénega del Sur" de la Universidad Veracruzana, pero el plan no se cumplió, primero, por un problema de abasto de agua en el vivero en plena canícula de verano, que fue particularmente cruda por el efecto del fenómeno climático de "La Niña", y, después, por un reinicio devastador -con grandes

inundaciones- de la época lluviosa, por lo cual debimos esperar el momento menos problemático a mediados de septiembre (el día 13). Al cabo, una vez germinadas, contamos a finales de noviembre (el día 21) el número de plántulas emergentes y determinamos el porcentaje de germinación.

#### ACOTACIONES IMPORTANTES.

**1. Sobre la exactitud en la generación de datos de campo.** Evitamos al máximo los artefactos o vicios de medición y tonto generados por nosotros mismos que significaran fuentes de sesgo en los datos. Aún así, no pudimos deshacernos del todo de estos factores en ciertos aspectos de la determinación de: a) número de plantas, b) edad, e) tipo y grado de daño, d) identidad sexual y e) saqueo de conos.

a) Conteo de plantas: eliminamos al máximo la posibilidad de registrar más de una vez una misma planta y la de no contar plantas que estuvieran dentro de las parcelas de *muestreo*. Los criterios de inclusión y de exclusión en el muestreo eran claros: las plantas registradas debían estar arraigadas dentro de los límites de las parcelas; no eran consideradas las plantas que, estando arraigadas fuera de las parcelas, atravesaran sus límites con las partes aéreas. No obstante, esto era aplicable a sitios relativamente accesibles, como lo fue la inmensa mayoría (quizá el 90 %). En los sitios inaccesibles, como acantilados o matorrales intransitables por estar demasiado cerrados u ocupados por plantas urticantes, debíamos conformarnos con contar desde lejos las plantas adultas; si las plantas formaban grupos muy apretados no mayores a 4 m<sup>2</sup> de extensión, generalmente concluíamos que se trataba de un solo individuo e indicábamos en el registro que el número de coronas de frondas era incontable.

Por otro lado, también tuvimos algunos problemas para registrar a los individuos inmaduros. Sabemos que no registramos una cantidad de plántulas y juveniles que sí debieron serlo, pues era muy difícil localizarlas en el estrato rasante de los matorrales donde se hallaban, cuyas asperezas no facilitaban el trabajo. Sin embargo, también sabemos que esa cantidad es pequeña en comparación con las que sí fueron registradas, ya que las parcelas de muestreo eran de una extensión tal que permitían explorar detalladamente el suelo abriendo la vegetación con las manos o arrastrándose bajo los matorrales.

b) Determinación de la edad: en primer lugar distinguimos tres estados de desarrollo claramente identificables: plántula, juvenil y adulto. Los dos primeros tienen siempre una sola corona de frondas; en cambio los adultos tienden a bifurcar su tallo al paso de los años, por tanto la cantidad de coronas puede reflejar la edad de los individuos. Sin embargo, el número de coronas no da una cronología exacta de la vida de los individuos, ya que la ramificación se presenta en función del estado de la planta y no del tiempo de vida acumulado. Por ejemplo, hemos visto plantas cultivadas en vivero de *apenas tres años* de edad con tallos ya ramificados siendo apenas de 5 cm de longitud y 3 cm de ancho, y plantas silvestres con tallos monopódicos de más de 50 cm de longitud y 10 cm de ancho creciendo en las dunas que, lógicamente, no tienen menos edad que las primeras, sino solo menos recursos para vivir y más factores restrictivos que las dañen. También hemos notado que las plantas que crecen en los acantilados producen ramas más tardíamente que las de dunas, posiblemente porque la disponibilidad

de espacio, de agua y de nutrimentos es menor.

Con esto en mente, en el campo intentamos establecer categorías que nos permitieran calificar la longevidad *de las* plantas. Resultaron 29 categorías; dos de ellas se refirieron a individuos inmaduros (plántulas y juveniles) y las 27 restantes a individuos maduros (adultos de 1 corona, de 2 coronas, ..., de 24 coronas, de mas de 25 coronas y, por último, adulto con cantidad indeterminable de coronas por crecer en un lugar inaccesible), lo cual resultó practico en

la labor de registro de datos en el campo, así como en el análisis de los mismos. Luego, convertir éstas categorías en años fue simple en las inmaduras y complicado en las maduras.

Las plántulas (identificables por sus frondas en forma de trébol de cuatro hojas) permanecen como tales durante 1.5 años (emergen en verano y pasan a juvenil 20 meses después). Como anualmente se produce una nueva generación de plántulas, entonces esta categoría abarca dos generaciones sucesivas.

La categoría de juveniles inicia a los 1.5 años de edad, cuándo en el verano á las plántulas les salen más frondas (hasta cuatro) con más foliolos (5 á 15). Después algunos juveniles adquieren apariencia de adulto joven al inicio de su tercer verano de vida o, más generalmente, entre el cuarto y el quinto. Es decir, el estado juvenil puede durar uno a tres años, y en consecuencia puede incluir una, dos o tres generaciones.

En la categoría siguiente, de adultos con una sola corona, se agrupan individuos de aún más generaciones, quizá cinco o seis, las que pueden tener desde tres hasta alrededor de 10 años de edad. En está categoría puede haber individuos que comiencen a producir estructuras reproductoras justo al comenzar su vida adulta (y eso indica que han dejado la etapa de juvenil), lo mismo que individuos que, siendo ya adultos, aún no logren su primera reproducción, la cual finalmente alcanzan antes de los 10 años de edad.

La siguiente categoría, la de adultos con dos coronas, puede incluir plantas de menos de 10 años de edad, si bien la gran mayoría tiene 10 años de edad o más, y es incierto cuántos años más. Para las categorías subsiguientes ignoramos cualquier dato que revele la edad debido a que desconocemos el tiempo que transcurre entre cada ramificación.

c) Determinación del tipo y grado de daño de las plantas: no pudimos evitar las subjetividades, de manera que lo que decimos en este campo ha de tomarse como indicativo de un patrón general y no como afirmaciones contundentes. Para determinar el tipo de daño nos basamos en nuestra experiencia de campo y en exámenes minuciosos de las frondas, tallos y conos (en su caso). Para asignar una calificación al grado de daño concensábamos entre nosotros cómo debería haber estado la planta originalmente y la proporción que habría perdido (generalmente del follaje). No fue raro encontrarnos individuos afectados por dos o tres causas distintas, y así fue registrado. Distinguimos daños que provenían de fuentes que dejaban huellas claramente diferenciales entre sí, pero que á *veces* podían confundirse con lo

que *no era daño* en realidad sino solo degradación natural de las frondas y conos que alcanzaban el período de su caducidad, lo que quiere decir que el daño podría estar sobreestimado en algunos individuos. Por otro lado, por inaccesibles algunas plantas no fueron examinadas.

d) Determinación de la identidad sexual: las estructuras reproductoras son el único elemento de juicio para identificar el sexo de *Z. furfuracea* en la actualidad. Cuando están presentes dan 100 % de confianza en la determinación, pero la confianza disminuye cuando solo se observan sus restos. En las hembras el cono permanece nueve meses antes de comenzar a desintegrarse, mientras que en los machos dura unos cuatro meses, así que la posibilidad de no encontrar conos es alta para machos y relativamente baja para hembras.

Habiendo perdido los conos aún queda el recurso de observar sus restos, pero esto requiere aprendizaje para diferenciar pedúnculos de conos de uno y otro sexo, así como mayor esfuerzo de rastreo en el estrato rasante. Nosotros tratamos de enfrentar tales probabilidades concentrando la actividad de muestreo en la época de presencia de conos de ambos sexos, pero aún así debimos enfrentar la ausencia de conos masculinos completos en la mayoría de las parcelas y de conos femeninos en menor proporción. En un número importante de plantas determinamos el sexo mediante los restos de pedúnculos secos, cuya textura a veces no hacía fácil la diferenciación; quizá en una de cada 50 oportunidades tuvimos dudas para decidirnos en

el caso de machos (en los que la mayor parte fue identificada por restos de conos.) y en prácticamente ninguna ocasión tuvimos dudas para identificar hembras (las cuales fueron determinadas mayormente con base en conos presentes).

En resumen, durante el estudio hubo más probabilidad de clasificar a los individuos masculinos como indeterminados que a los femeninos y muy baja probabilidad de confundirlos como del sexo opuesto.

e) Determinación de recolecta ilegal de conos: en el primer año de actividades hubo un saqueo clandestino generalizado de estructuras reproductoras para poder extraer semillas para vender a compradores *ilegales* procedentes de la frontera con Estados Unidos. Esto no nos permitió realizar un experimento de germinación de semillas recolectadas en parcelas fijas de muestreo, de las que - además - solo pudimos establecer una que terminó perdiéndose por un incendio.

En el segundo año ocurrió un saqueo menor que en el primero, pues los compradores ilegales finalmente no se aparecieron por la zona. Este saqueo se concentró en las plantas de la playa, en particular en las de lugares accesibles. Para ubicar las parcelas fijas donde habríamos de recolectar los conos, nosotros habíamos tomado la precaución de elegir entre los sitios de muestreo los de más difícil acceso por lo denso y enmarañado de la vegetación del matorral. Sabíamos que esto podría causar un sesgo en nuestras interpretaciones acerca del saqueo de conos, pero tratamos de disminuirlo advirtiendo en las observaciones de las demás parcelas de muestreo si los conos habían sido cortados o no. Con todo, hubo saqueo, pero no tanto como para impedir la realización del experimento de germinación.

2. **Sobre la estimación de valores estadísticos aplicables a la población con base en las estadísticas de la muestra.** Los datos de campo mostraron una gran variabilidad, lo cual hizo muy difícil su manejo estadístico. Para *mejorar la* calidad del análisis lo primero que hicimos fue considerar como mecanismo de estratificación del muestreo la distinción de las tres zonas de trabajo señaladas antes. Lo siguiente fue reunir los cuatro conjuntos de datos provenientes de las cuatro parcelas de cada sitio de muestreo en un solo conjunto y así lograr disminuir la variabilidad de tales fracciones. Posteriormente buscamos la mejor manera de estimar en cada variable medida la media y la desviación estándar de la población sin violar los principios del muestreo y la inferencia estadística. Para ello usamos un estimador del promedio de la población ( $\mu$ )

y su desviación estándar ( $\sigma$ ) basados en la suposición de que, a pesar de que desconocemos la distribución estadística de los datos, ésta se acerca a la distribución normal (expresada en puntuación  $z$ ) pues el muestreo fue suficientemente grande. Así, consideramos la expresión (Daniel, 1987: páginas 177-179):

estimador de  $\mu \pm$  (coeficiente de confiabilidad)  $\times$  (error estándar)

donde el *mejor* estimador para  $\mu$  es el promedio muestral ( $\bar{X}$ ); la confiabilidad que decidimos usar es 90 %, cuyo coeficiente en puntuación  $z$  se aproxima a 1.645 (Daniel, 1987: tabla F, página 622); y el error estándar (EE) lo calculamos con la fórmula:

$$\frac{\text{desviación estándar muestral}^*}{\sqrt{n}} \quad EE = (\text{número de unidades muestrales}^*)^{1/2}$$

" Desviación estándar muestral:  $\sigma$

Unidades muestrales: sitios de muestreo o conos femeninos, según el caso.

## RESULTADOS

Presentamos los resultados numéricos de cada zona de muestreo en los Anexos I, II y III. Agregamos resúmenes de los mismos en el Anexo IV, cuyas expresiones gráficas las presentamos intercaladas en el texto. A continuación hablamos de tales datos según los objetivos particulares 1 a 4; del objetivo 5 hablamos en el capítulo sobre Conclusión. En un legajo extra presentamos mapas de las zonas exploración y muestreo, así como de distribución y de abundancia de *Z. furfuracea*.

### EN TORNO AL OBJETIVO 1, SOBRE EL ÁREA DE DISTRIBUCIÓN DE LA ESPECIE.

Encontramos que *Z. furfuracea* no está presente en absoluto en la porción NE del municipio de Alvarado, desde la playa Los Uveros de punta Antón Lizardo hasta el puerto de Alvarado (Mapas I y IIIA). Algunos sitios con playa muy estrecha o inexistente por la formación de pequeñas barrancas de arena compactada -particularmente en las localidades de El Zapote y Las Barrancas-, o por fragmentos de

selva mediana subcaducifolia (donde no habita la zamia) que llegaban prácticamente *hasta la ribera* del mar, nos hicieron suponer que tal vez no se reunían las condiciones adecuadas para el establecimiento de *Z. furfuracea*. Sin embargo, como se trataba de excepciones a playas más amplias donde juzgamos que podía haber condiciones ecológicas adecuadas para el establecimiento de la planta, imaginamos que antiguamente quizá sí habitaba ahí nuestra especie. No obstante esto es imposible de probar actualmente debido, por un lado, al exceso de visitantes de la playa (turistas y pescadores), lo que no permite la vida silvestre en el hábitat costero cercano a punta Antón Lizardo, y por otro lado, a la prácticamente completa transformación del ecosistema natural en pastizales para ganadería extensiva desde el poblado de El Bayo hasta Alvarado (Figura 35).

Igualmente hallamos *ausencia* total de la especie en el litoral entre el puerto de Coatzacoalcos y el estado de Tabasco. En este caso no parecía haber las condiciones ecológicas adecuadas para el establecimiento de la zamia, a pesar de haber grandes espacios deshabitados por gente (a excepción de los alrededores del puerto de Coatzacoalcos, que están sobrepoblados y el ambiente costero sufre el fuerte impacto de actividades recreativas, como turismo y competencias de autos a campo traviesa). La causa que nos pareció más importante fue la presencia de mayor humedad en el suelo de la que es capaz de tolerar *Z. furfuracea*.

En la zona donde finalmente establecimos los sitios de muestreo, entre los puertos de Alvarado y Coatzacoalcos (Mapa II), también encontramos sectores que para fines prácticos estaban deshabitados por *Z. furfuracea*. Éstos comprendieron, por un lado, la costa existente desde la bocana del río Papaloapan hasta la playa La Fuente de los Fierros, así como las dunas que hay desde esos dos sitios hasta la orilla del humedal de Alvarado (Mapas IIIA, IIIB y IIIC); y, por otro lado, la costa de la sierra de Los Tuxtles, en las faldas de los volcanes Santa Marta y San Martín Pajapan (Mapas IIIF y IIIG), desde punta Zapotitlán hasta punta El Campanario (a unos 25 del puerto de Coatzacoalcos). Así, en la zona de playa eliminamos cinco sitios de muestreo en el extremo N W del transecto (hacia Alvarado) y seis en el extremo SE (hacia Coatzacoalcos), lo que redujo la longitud del transecto de 150 Km a 105 Km, mientras que en la zona de dunas de los 10 transectos originales eliminamos los primeros cuatro (que incluían en total nueve sitios de muestreo) entre la bocana del río Papaloapan y la playa La Fuente de los Fierros, lo que redujo el área de 115 Km<sup>2</sup> a 59 Km<sup>2</sup> (Mapa II). Y no es que no hubiera plantas o que en las parcelas de muestreo casualmente no quedara ninguna a pesar de mostrar condiciones ecológicas adecuadas, sino que en los alrededores solo podían verse ejemplares aislados, o bien con densidades menores a uno o dos individuos por hectárea, o en cúmulos francamente aislados constituidos por tres o cuatro individuos.



Figura 35. Pastizales ganaderos al pie de la costa del municipio de Alvarado, Ver. Como puede verse, el ecosistema natural ha sido arrasado prácticamente en su totalidad, a excepción de algunos árboles aislados que a lo lejos recuerdan vagamente la selva mediana original.

Además, en los extremos de la zona de muestreo, simplemente no parecía haber la especie. Tanto hacia Alvarado como hacia Coatzacoalcos, la mayor causa que vimos era la misma: la transformación casi completa del hábitat a pastizales ganaderos. Una causa más la encontramos en torno a la sierra de Los Tuxtlas,, notoriamente a las faldas de los volcanes Santa Marta y San Martín Pajapan, donde el sustrato arenoso con matorrales, propicio para la zamia, es demasiado estrecho como para permitir su establecimiento, y es sustituido en muy corto espacio por suelos arcillosos con fragmentos de selva mediana subperennifolia, o bien se levantan acantilados que cierran las posibilidades de ampliación del hábitat (Figura 36).

Por otro lado, las plantas que se encuentran en la zona de sabana en los alrededores del poblado de Rincón de la Palma, municipio de Alvarado (Mapa IIIA), mostraron diferencias notables respecto del morfo que reconocemos como *Z. furfuracea*. Aquel morfo (Figuras 37 y 38. en diapositivas) difiere morfológicamente y ecológicamente del usual en varios aspectos: es más grácil, de una sola corona de frondas (rara vez dos o tres), con pocas frondas por corona (no más de cinco), frondas cortas (de no más de 50 cm de longitud), foliolos estrechos y lanceolados, conos de menores dimensiones, tallos de diámetro menor y enterrados verticalmente por completo; crecen a la sombra, bajo el dosel espeso de encinares, y no sobreviven a la insolación directa; el suelo donde habitan es arcilloso y expuesto a saturación - pudiendo llegar ocasionalmente al anegamiento- durante las lluvias de verano, pero se reseca y compacta fuertemente durante el estiaje. Carece de uso en la región; los pobladores jóvenes la desconocen, mientras que los viejos que saben distinguirla la desestiman, la ignoran o la erradican. La suma de todo esto hizo que nuestro trabajo fuese mucho más lento y esforzado de lo que presumíamos, pues nos obligó a explorar más ampliamente en zonas de tierra adentro siguiendo rutas elegidas al azar y con poca o nada de información anecdótica; además, no volvimos a encontrar los sitios donde al principio del trabajo habíamos visto ejemplares asilados, o encontramos los sitios pero no las plantas. Dicha exploración azarosa invariablemente dio resultados negativos y tendió a producir la impresión de que la planta estaba totalmente desaparecida del territorio, pero el ocasional avistamiento de mariposas del género *Eumaeus*, cuyas orugas se alimentan exclusivamente de las hojas de citadas, y que no podrían vivir en su ausencia, confirmaban su existencia en las cercanías. En contraposición a lo anterior, el muestreo dirigido a sitios donde era posible encontrar una buena representación de la zamia - siguiendo la orientación de informantes ante los que mostrábamos ejemplares en maceta de *Z. furfuracea*- produjo la impresión opuesta, de que la densidad de cícadras era muy alta, a pesar de saber que la población es muy escasa y que los individuos se encuentran dispersos y muy escondidos entre los restos de vegetación arbórea original. La consideración de todo lo anterior nos hizo pensar que se trata -por lo menos- de una población ajena a la de playas y dunas, con conducta ecológica diferente, o -más posible aún- de un híbrido de *Z. furfuracea* con otra especie (quizá *Z. loddigesii*, de acuerdo con lo dicho por *iones*, 1993) o de una especie distinta y no descrita actualmente. En todo caso, es una población que se encuentra en grave riesgo de extinción, quizá más que la típica, ya que el espacio natural está muy

perturbado por la ganadería extensiva, que ha sustituido o fragmentado al máximo los entinares y palmares propios del lugar y ha *dejado pocas* oportunidades de permanencia a la vida silvestre (Figura 39).

En suma, ya sea por ausencia real, o por una densidad tan baja que hace pensar *que para* fines prácticos está ausente, o bien por diferencias morfológicas que obligan a evaluar más profundamente la situación taxonómica de una población aparte, consideramos que *Z. furfuracea* se distribuye en la actualidad en la costa comprendida desde playa La Nea, frente al ejido de Ciénega del Sur, municipio de Alvarado, hasta punta Zapotitlán, municipio de Tatahuicapan, y en



Figura 36. Fusión de dos imágenes con vistas a izquierda y derecho de una playa a las faldas del volcán Santa Marta, en la sierra de Los Tuxtlas,, Ver. La vegetación de la playa es estrechada por la zona de influencia *de las mareas*, al frente, y la selva mediana que crece sobre suelos arcillosos, atrás. Además, un escarpe rocoso impide por completo cualquier posible avance de la playa hacia el continente.



Figura 39. Imagen típica alrededor del poblado de Rincón de la Palma, municipio de Alvarado, Ver. La vegetación natural ha desaparecido casi por completo por la inducción de pastizales para ganadería extensiva. Algunos pequeños fragmentos de bosque (menores a media hectárea de extensión) y muchos árboles aislados recuerdan que el lugar estaba ocupado por entinares y palmares de tierras bajas.

las dunas costeras comprendidas entre playa La Nea, punta Puntillas y el humedal de Alvarado, lo que incluye partes de los municipios de Alvarado, Lerdo de Tejada y Ángel R. Cabada (Mapa 1). En ambos ambientes, los espacios donde la especie está ausente son importantes, pero no lo son tanto como para significar una franca discontinuidad, pues las causas -obvias- de esto son el mosaicismo del ecosistema y, en mayor medida, la fragmentación antropogénica del hábitat (Figuras 40 y 41), fenómenos que puntualmente abarcan espacios menores al área ocupada por la población de la zamia.

La zona de distribución en la costa es de propiedad federal, mientras que la zona de las dunas está dividida entre ejidatarios y minifundistas, y esto tiene consecuencias serias para la especie. Así, juzgamos necesario considerar separadamente las plantas que habitan en la zona de propiedad federal frente al mar respecto de las que habitan en las dunas costeras que se prolongan al interior del continente por algunas diferencias ecológicas del espacio que ocupan, pero, sobre todo, por las menores expectativas de reclutamiento y sobrevivencia a largo plazo derivadas del manejo agropecuario de los predios en las dunas (Figuras 42 a 44). Por ejemplo, durante el trabajo de campo, la imagen mental que teníamos de la distribución de la planta en el margen de playas no varió sustancialmente, si bien los números de la población superaron nuestras expectativas; empero, en las dunas descubrimos una distribución distinta en buena medida a la conocida previamente por nosotros y que denotaba mayores riesgos para la vida, a pesar de ser un entorno menos áspero y menos expuesto a eventualidades climáticas que la costa.

En grandes áreas de las dunas, entre los potreros, que era donde esperábamos hallar la mayor representación de la zamia, la densidad de la población disminuyó drásticamente. De acuerdo con versiones de campesinos locales, las causas fueron incendios descontrolados de pastizales en el año 1998, en combinación con sequías particularmente intensas que se presentaron en el estío de 1998 y 1999, secuelas ambas del fenómeno climático de El Niño más reciente, situación que posteriormente se agravó todavía más durante la sequía del año 2000, que fue aún más intensa que las anteriores y más prolongada, secuela ésta del fenómeno climático de La Niña. Además, sin que lo podamos decir con plena seguridad, nos quedó la impresión de que hubo un notable avance en el aclareo y tumba de matorrales para la inducción de pastizales ganaderos, debido quizá a la pérdida de capacidad de agostadero durante la sequía, lo que disminuyó el hábitat efectivamente disponible para la zamia, las mató directamente o expuso a las sobrevivientes a mayor pisoteo del ganado (Figuras 45 a 48). Y, dicho al margen, precisamente todo esto nos dificultó el establecimiento de parcelas fijas de muestreo.

Sin embargo, la fragmentación del hábitat en las dunas, a la vez que ha significado mayores riesgos para la supervivencia, paradójicamente también parece abrir oportunidades de ocupación de espacios que de otra manera estarían naturalmente cerrados para *Z. furfuracea*. Hallamos mayor representación de la que inicialmente presumíamos en ambientes marginales, entre vegetación secundaria al borde de fragmentos de selva baja y mediana (Figura 49), cuyos interiores umbrosos en condiciones no perturbadas resultan intolerables para nuestra planta. Los ejemplares ahí encontrados

invariablemente correspondieron a adultos jóvenes con una sola corona de frondas y con tallos - en los casos en que podían ser vistos- relativamente pequeños (o sea, en nuestra opinión se trataba de plantas francamente menores a 10 años de edad), lo que sugería que se trataba de plantas advenedizas y relativamente recién llegadas al fragmento.

Entre las plantas asentadas frente al mar, en cambio, pudimos ver ejemplares con mayor vigor, lozanía, edad y fecundidad, lo que entendimos que se debía a condiciones más propicias para la zamia (Figuras 50 a 53). Mas también atestiguamos el impacto -o al menos la presenciade factores restrictivos, la mayoría derivada de alguna u otra forma de las actividades humanas. Algunos de tales factores fueron muy evidentes y conocidos por todo mundo, pero otros resultaron ser de alcances insospechados, como la contaminación con basuras y otros residuos invisibles que el mar deposita en las playas (Figuras 54 a 63).

#### EN TORNO AL OBJETIVO 2. -

**-Sobre la densidad de la población.** En el transecto de playa contamos 819 plantas en 21 sitios de muestreo (Gráfica 1 y Tabla "Individuos por Sitio" del Anexo IV). La población fue más numerosa que en las otras dos zonas, pero la cantidad de individuos por sitio de muestreo fue igualmente la más variable ( $T = 39, 6 = \pm 74.69$ ). Las razones de tal dispersión fueron la diferencia de números entre las parcelas donde efectivamente encontramos ejemplares de la especie y la gran diferencia entre el dato mayor (328 plantas en un sitio de muestreo) y el dato menor y más frecuente (0 plantas en 6 de los 21 sitios de muestreo). Podemos suponer que al elegir al azar parcelas de 40 m X 160 m de extensión, entre un cuarto y un tercio de ellas (-29 de cada 100) no contendrá la especie, pero en las parcelas en que sí se hallen ejemplares, generalmente una buena representación, si bien no serán despreciables las ocasiones en que se encuentren pocas plantas. Al decir esto mismo en valores estimados resulta que en promedio habrá  $39 \pm 26.8$  plantas por cada  $6,400 \text{ m}^2$  (que es la superficie de cada sitio de muestreo), lo que al ser extrapolado a mayor superficie se traduce en  $6,093.75 \pm 4189.62$  plantas por cada  $\text{Km}^2$  (Tabla "Densidad y Tamaño Poblacional" del Anexo IV),



Figura 41

Figuras 40 y 41. Fragmentación del paisaje in la zona di distribución de *Z. furfuracea*. Figura 40: predios con distinto manejo (totalmente deforestado, al frente; deforestado y in barbecho con matorrales, a la derecha; y poco deforestado con selva baja subcaducifolia, atrás) en las dunas costeras cerca del ejido de Ciénega del Sur, municipio de Alvarado, Ver. Figura 41: sierra de Los Tuxtlas, vista desde el islote El Terrón, distante unos 100 m de la costa en el ejido Toro Prieto, municipio de San Andrés Tuxtla, Ver., donde se aprecia cómo la ganadería extensiva y la agricultura han reducido la mayor parte de la vegetación original a pequeños copetes en la cima de algunos cerros y una banda discontinua y delgada (de unos 3 -10 m) en la playa.



Figura 42



Figura 43



Figura 44

Figuras 42, 43 y 44. Condiciones de sobrevivencia de *Z. furfuracea* en las *dunas costeras*, en medio de pastizales ganaderos, donde algunas plantas quedan expuestas a los efectos negativos del tránsito de animales y personas, mientras que otras tienen la fortuna de tener por vecinas a plantas con mayores defensas físicas contra mamíferos. Figura 42: senderos hechos por las vacas que intensifican los efectos de la fragmentación del paisaje. Figura 43: plantas pisoteadas y macheteadas a la vera de un sendero; a pesar de ser adultas bien asentadas (v. gr., una de ellas tiene dos coronas de frondas), muestran un vigor muy disminuido, con lo que posiblemente no lograrán llevar a término el desarrollo de los renuevos que se observan entre los restos de frondas de años anteriores. Figura 44: plantas sobreviviendo en mejores circunstancias por estar asociadas a cactus espinosos a la orilla de un fragmento de matorral.



Figura 45



Figura 46



Figura 47



Figura 48

Figuras 45, 46, 47 y 48. Secuencia hipotética de los efectos negativos acumulados en la *sobrevivencia* y reproducción de *Z fúrfuracea* por el aclareo y destrucción de matorrales en las dunas costeras. Figura 45: adulto sobreviviente al incendio que acabó, dos años atrás, con el matorral al que estaba asociado y del que aún pueden verse huellas en lo que queda de las ramas chamuscadas. Figura 46: adulto con buen vigor pero aislado que ejemplifica cómo se verá la planta anterior después de que hayan desaparecido los últimos restos del matorral quemado. Figura 47: adulto de dos coronas totalmente expuesto al pisoteo del ganado; no se observan frondas maduras, sino solo frondas en desarrollo, pues se perdieron las del año anterior; a su lado se encuentran los troncos de otras dos plantas ya muertas que predicen su próximo destino. Figura 48: juvenil de unos tres años de edad entre pastos mordisqueados por vacas; todos los adultos cercanos han desaparecido y su propia permanencia es una posibilidad muy remota.



Figura 49. Fragmentos de selva mediana (a la izquierda de la escena) y selva baja (atrás, en la cima de las dunas) entre praderas ganaderas (por cierto, con evidente sobrepastoreo) a unos 100 m de la laguna El Marqués, municipio de Ángel R. Cabada, Ver. *Ejemplares de Z furfuracea* fueron encontrados en los matorrales de vegetación secundaria en el borde de algunos de estos parches, en tanto que en todo el resto del campo no había. Esto sugiere que la fragmentación de la vegetación original abrió a la especie oportunidades para la colonización, bajo la suposición de dispersión de semillas a mediana distancia.



Figura 51



Figura 53

Figura 52

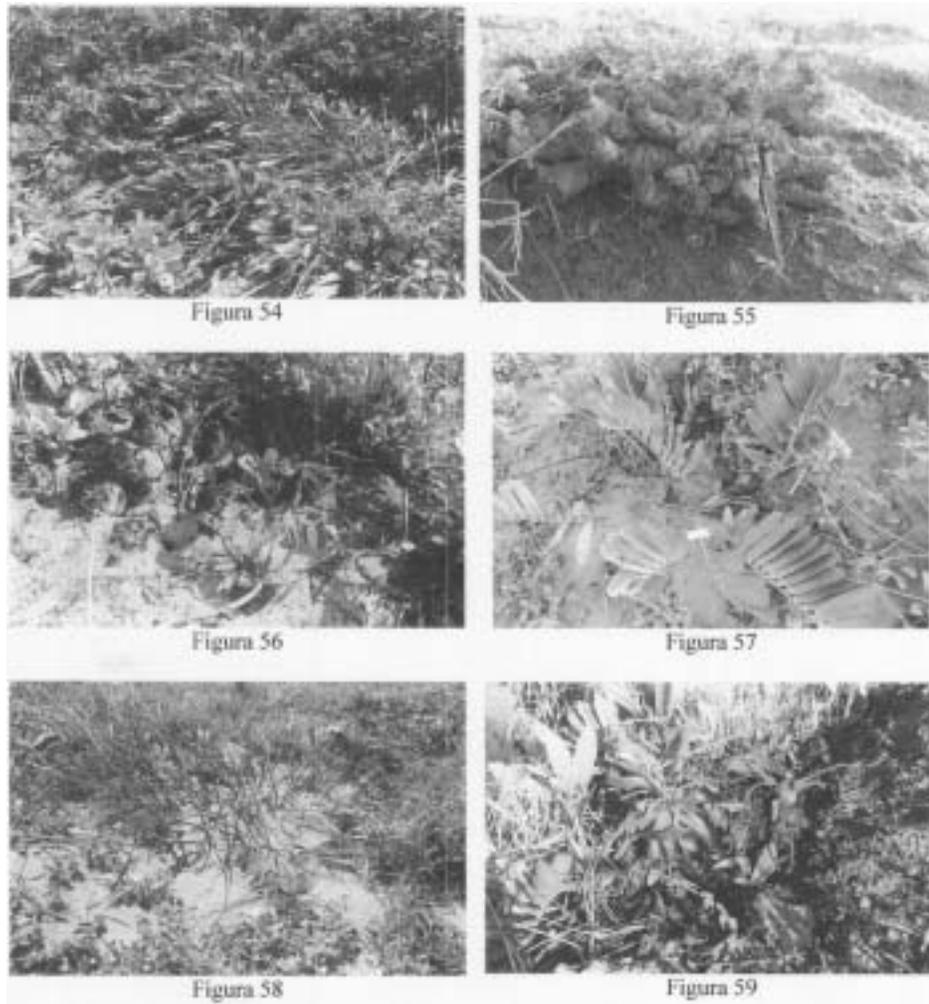
Figuras 50, 51, 52 y 53. Ejemplares bellos y aparentemente sanos de *Z. furfuracea* creciendo en la costa. Figura 50: agregado de plantas adultas con renuevos creciendo a plenitud en la cima de una duna *frente al mar* en la zona de propiedad federal. Figura 51: robusto individuo con más de 20 coronas de frondas *creciendo* en un acantilado. Figura 52: frondas de plantas cercanas al mar, cuya lozanía -fuera de algunos daños por fricción entre folíolos a causa del viento- habla de su resistencia a factores bióticos y abióticos adversos. Figura 53: hembra con tres coronas y cuatro conos que da un ejemplo de gran vigor.

En las dunas de tierra adentro se presentó una situación similar a la de la playa, aunque con notables diferencias situacionales. Ahí contamos 183 individuos en 14 sitios de muestreo (Gráfica 2 y Tabla "Individuos por Sitio de Muestreo" del Anexo IV)<sup>2</sup>. Los datos mostraron alta dispersión ( $X = 13.07$ , ( $1 = \pm 21.1$ ) debido *al elevado* número de sitios de muestreo des poblados de la especie (8 de los 14), sin embargo esta variabilidad numérica fue menor a la de los datos de la *playa*, pues los sitios de muestreo donde sí se halló representada la planta mostraron datos más parecidos. En palabras comunes esto indica que es muy alta la probabilidad de encontrar sitios de *muestreo* donde la especie esté ausente (-57 de cada 100), pero donde se le encuentre habrá una mediana densidad. Dicha densidad, estimada de igual forma que en el caso anterior, resulta ser  $13.07 \pm 9.28$  plantas/6,400 m<sup>2</sup> ó  $2,42.41 \pm 1,449.85$  plantas/Km<sup>2</sup> (Tabla "Densidad y Tamaño Poblacional" del Anexo IV).

En la zona de sabana los números parecerían indicar mayor densidad (Gráfica 3 y Tabla "Individuos por Sitio de Muestreo" del Anexo IV), sin embargo es preciso recordar que se trató de un muestreo dirigido a los sitios donde sí se encontraba la especie, de acuerdo con datos aportados por informantes locales, y se realizó con base en parcelas sin forma ni tamaño definidos y por ende no son comparables ni extrapolables. En realidad esta población se encuentra muy dispersa pues, como ya se ha advertido antes, depende fuertemente de las oportunidades que la ganadería deje a la vida silvestre, y la verdad es que éstas son extremadamente pocas, lo cual lo notamos por el enorme esfuerzo que aplicamos en la localización de individuos al azar bajo cualquier método con resultados de cero registros. Aún así, llama la atención que la densidad de la población muestreada fuera seis veces mayor que el promedio de la población de la zona de playa y 17 veces mayor que el de la zona de dunas (Gráfica 4 y Tabla "Densidad y Tamaño Poblacional" del Anexo IV). Esto podría sugerir que,

<sup>1</sup> Recuérdese que eliminamos cinco sitios de muestreo (los sitios 0.0, 1.0, 2.0, 3.0 y 4.0) en el extremo N W del transecto, y seis (los sitios 26.0, 27.0, 28.0, 29.0, 30.0 y 31.0) del extremo SE, porque consideramos que para fines prácticos la especie está desaparecida en esos tramos.

<sup>2</sup> Recuérdese que eliminamos nueve sitios de muestreo (los sitios 0.1, 1.1, 1.2, 2.1, 3.1, 3.2, 4.1, 4.2, 4.3) del extremo NW del sistema de dunas, pues consideramos que para fines prácticos la especie estaba desaparecida en ese sector.



Figuras 54, 55, 56, 57, 58 y 59. Ejemplos de daños sufridos por *Z. furfuracea* en la zona de propiedad federal en la costa. Figura 54: plantas aplastadas por un viento de tormenta. Figura 55: individuo con 120 coronas de frondas (el más ramificado y más longevo visto durante el estudio) desenterrado por la erosión causada por el tránsito de vacas. Figura 56: plantas pisoteadas. Figura 57: planta defoliada y deshidratada por el viento. Figura 58: plantas enterradas por arena arrastrada por el viento. Figura 59: plantas quemadas.



Figura 60



Figura 61



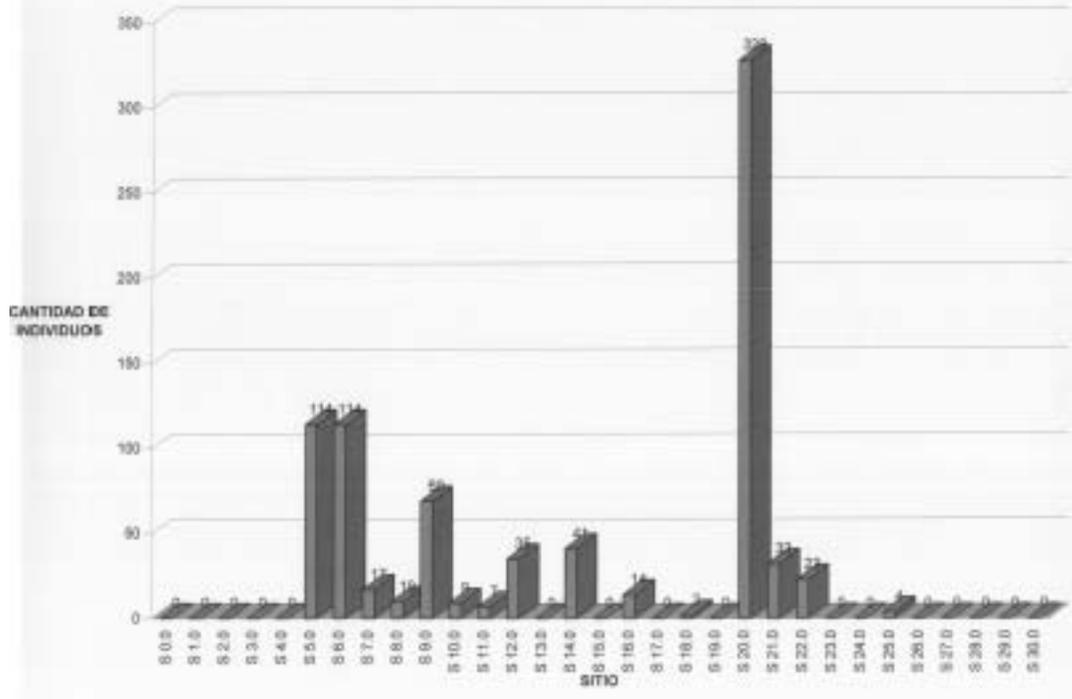
Figura 62



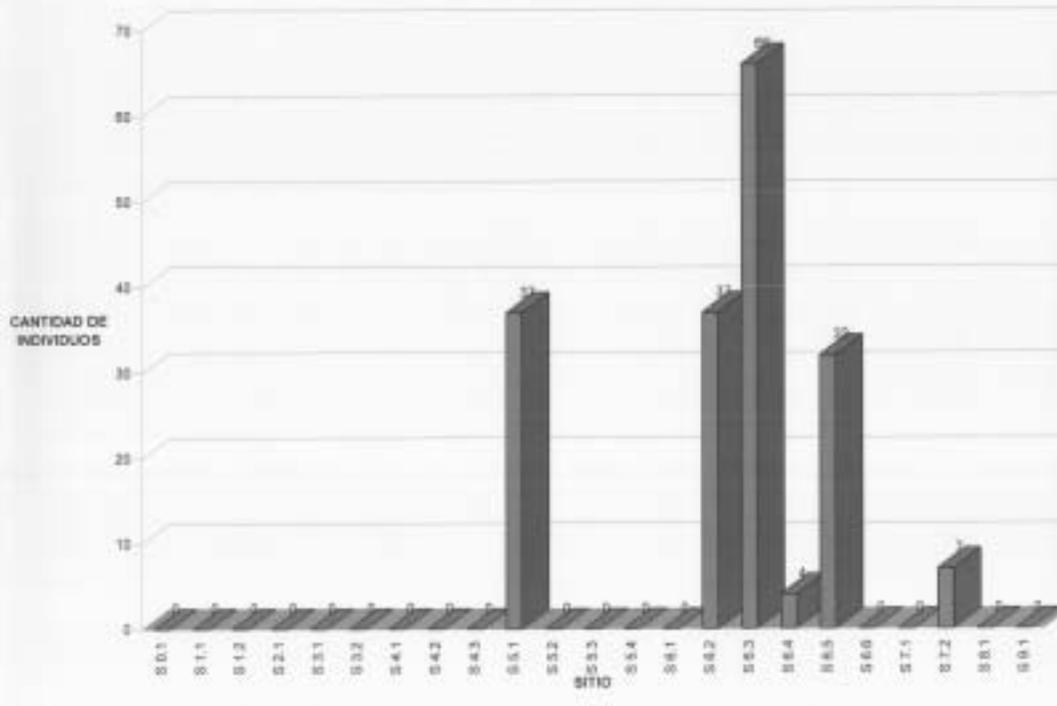
Figura 63

Figuras 60, 61, 62 y 63. Ejemplos de daños sufridos por *Z. furfuracea* en la zona de propiedad federal en la costa. Figura 60: planta muerta por deshidratación después de la deforestación completa del matorral donde habitaba. Figura 61: ejemplar longevo a punto de morir por pérdida del sustrato a causa de erosión eólica y avance de la zona de influencia de las mareas de tormenta. Figura 62: plantas sobrevivientes en un matorral quemado un año y medio atrás. Figura 63: plantas entre basura arrojada por el mar; las plantas tienen renuevos pero no hojas maduras.

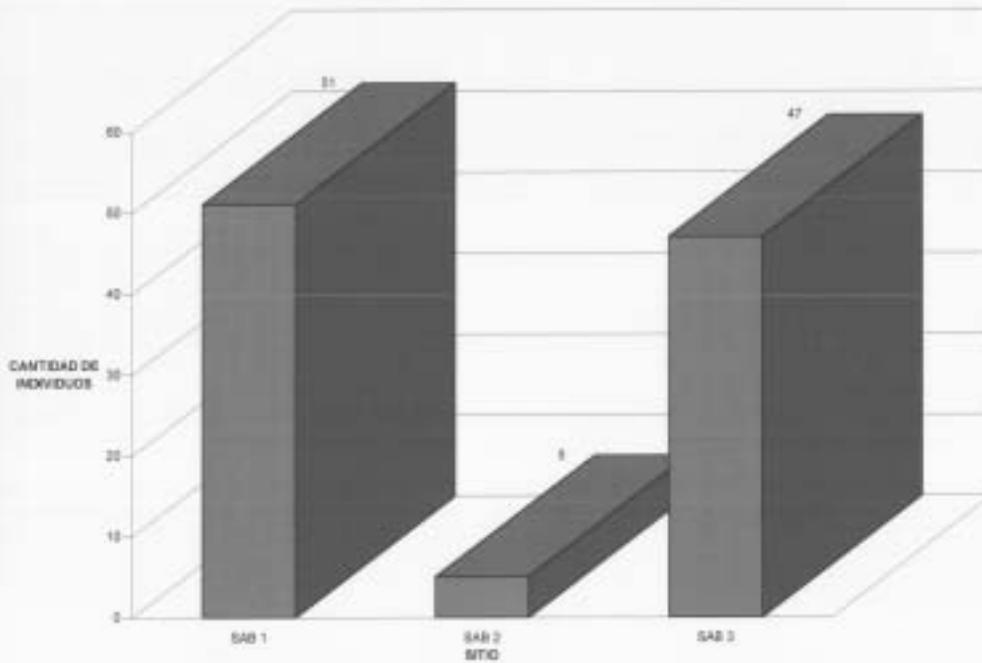
GRAFICA 1. CANTIDAD DE INDIVIDUOS POR SITIO DE MUESTREO  
ZONA DE PLAYA: 31 SITIOS Y 819 INDIVIDUOS



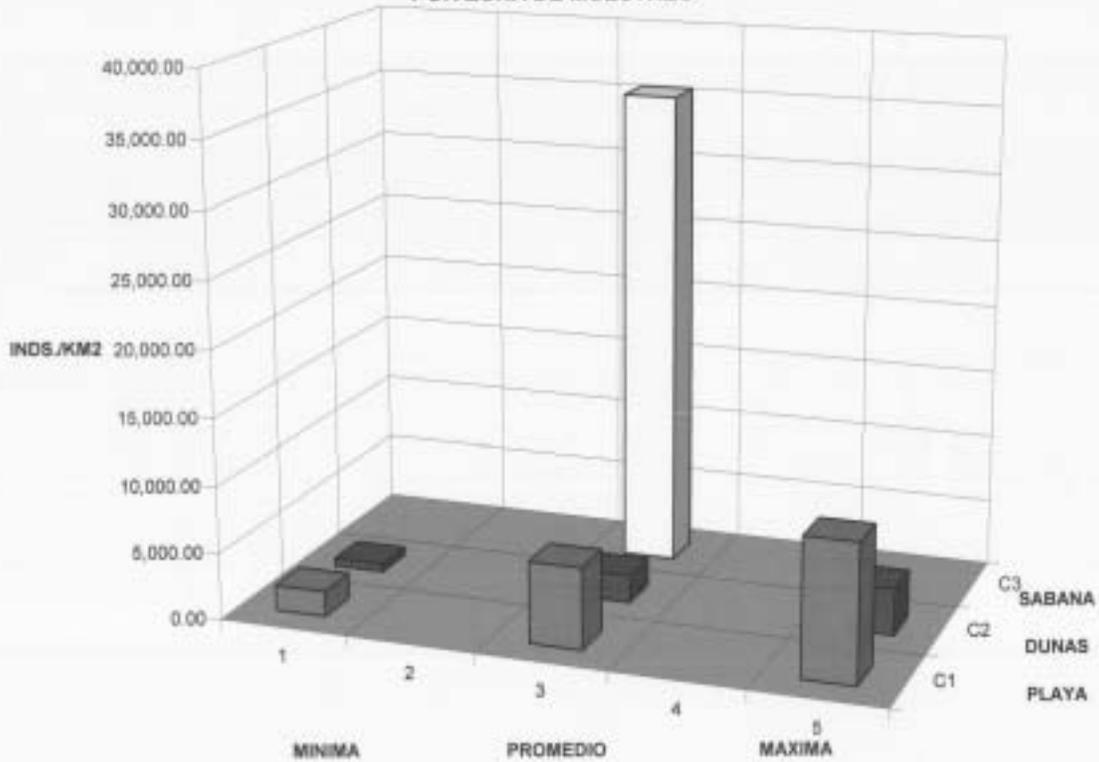
GRAFICA 2. CANTIDAD DE INDIVIDUOS POR SITIO DE MUESTREO  
ZONA DE DUNAS: 23 SITIOS Y 183 INDIVIDUOS



GRAFICA 3. CANTIDAD DE INDIVIDUOS POR SITIO DE MUESTREO  
ZONA DE SABANA: 3 SITIOS Y 103 INDIVIDUOS



**GRAFICA 4. DENSIDADES MINIMA, PROMEDIO Y MAXIMA  
POR ZONA DE MUESTREO**



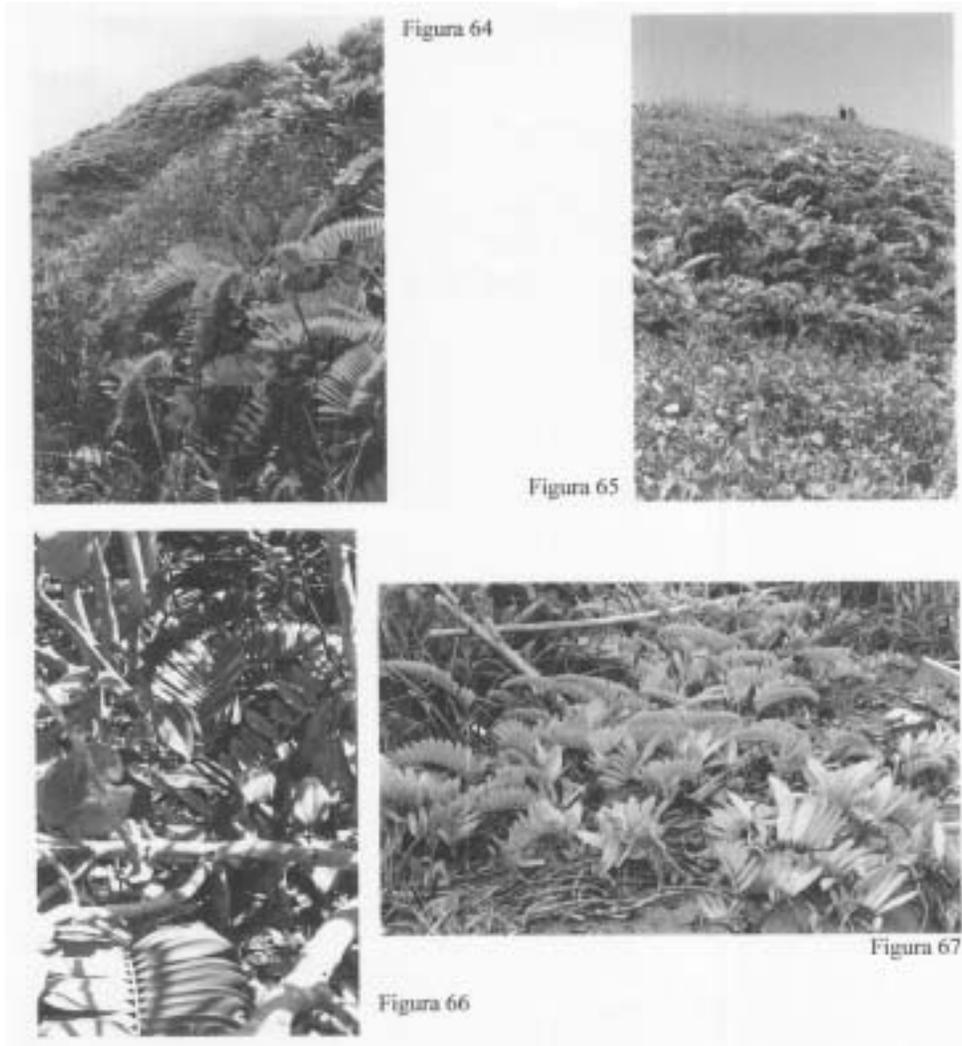
	1	2	3	4	5
■ Serie1	1,904.14		6,093.75		10,283.36
■ Serie2	592.56		2,042.41		3,492.26
□ Serie3			35517.24138		

antes de que se generalizara la destrucción del hábitat por la ganadería, la población fue mucho más numerosa y más ampliamente distribuida entre los entinares y palmares de las tierras bajas de la cuenca del río Papaloapan.

Todo lo anterior denota que las plantas tienen un patrón agregado de distribución (Figuras 64 a 67), que aparentemente es originado por la autocoria (Figura 68), que fue la forma preponderante de dispersión de las semillas que vimos en el campo, misma que seguramente es favorecida por la organización de la vegetación natural en mosaicos. Tales agregados son de tamaños muy variables; en la zona de playa —según nuestra experiencia en el campo— pudimos contar frecuentemente desde tres hasta 30 individuos adultos, y ocasionalmente muchos más, en un área de unos 150 m<sup>2</sup> (lo que podría representarse como un cuadro de poco más de 12 m X 12 m). Igualmente observamos cúmulos con uno a tres o cuatro agregados por parcela de muestreo. Sin embargo, también solíamos encontrar gran espaciamiento entre agregados o entre cúmulos, de tal suerte que era alta la probabilidad de no encontrar grupos de plantas en sitios elegidos al azar. Por otro lado, si bien predomina el patrón agregado, también es posible encontrar plantas aisladas, aunque su aislamiento parece obedecer más a la deforestación antropogénica que a factores naturales. Al movernos hacia las dunas de tierra adentro constatamos que el patrón agregado se conservaba, pero éstos eran menos poblados, menos densos y más separados que en la playa; también observamos más zamias aisladas, dicho esto en el sentido de no estar asociadas con otras zamias y en el sentido de encontrarse a descubierto, lejos de matorrales. Por su parte, en la sabana pareciera que *en el* pasado hubo agregados muy grandes y muy densos, de acuerdo con los pocos casos que alcanzamos a observar, mas fue todo lo que vimos; según informantes, hay más plantas aisladas dispersas al azar entre fragmentos de encinares y palmares, pero no lo pudimos constatar personalmente, y así nos resulta imposible especular al respecto.

Se podría juzgar que *el muestreo en las* dunas fue insuficiente al considerar la extensión total del sistema de dunas, y que no sería comparable con el muestreo en la playa por abarcar éste menor extensión y relativamente más sitios de muestreo (Mapa 11). Sin embargo tales resultados reflejan lo que observamos en el campo, pues era más fácil encontrar zamias en sitios elegidos al azar a lo largo de la playa que en las dunas. Aparentemente esto no variaría al aumentar la superficie muestreada en las dunas, ya que un primer intento —hecho durante el primer año— con parcelas de muestreo de 1 Ha de extensión, no derivó en mayor densidad sino sólo en mayor número de individuos en proporción a los 6,400 m<sup>2</sup> muestreados en el segundo año (o su cuarta parte, 1,600 m<sup>2</sup>, que era la superficie de cada una de las cuatro parcelas que constituían cada sitio de muestreo). Es decir, las razones de esta menor densidad deben buscarse en las condiciones del hábitat, que está mucho más fragmentado en las dunas que en la estrecha franja de propiedad federal frente al mar, lo que significa que se trata de una población cuyos elementos están sujetos a mayores presiones de sobrevivencia que en la playa, lo cual es en verdad paradójico ya que a mayor cercanía al mar mayor aspereza y rigor del ambiente.

**-Sobre la estructura de edades de la población.** En la zona de playa, de los 819 individuos registrados, 8.54 % (70 individuos) resultó inaccesible y, por lo tanto, de cantidad indeterminada de coronas (Gráfica 5 y Tabla "Categorías de Edad" del Anexo IV). Las inmaduras reunieron 18.43 % del total (plántulas: 7.32 % y juveniles: 11.11 %). Los adultos de una sola corona sumaron 35.04 %. Ambos grupos en conjunto comprendieron el 53.47 % de la población. Esto significa que más de la mitad de la muestra correspondió a individuos de menos de 10 años de edad. Las siguientes categorías de edad (más de una corona por individuo) abarcaron 37.97 % de la muestra, y fueron disminuyendo gradualmente desde 13.79 % de adultos con 2 coronas hasta 1.34 % de adultos con ocho coronas, mientras que las siguientes categorías no alcanzaron el

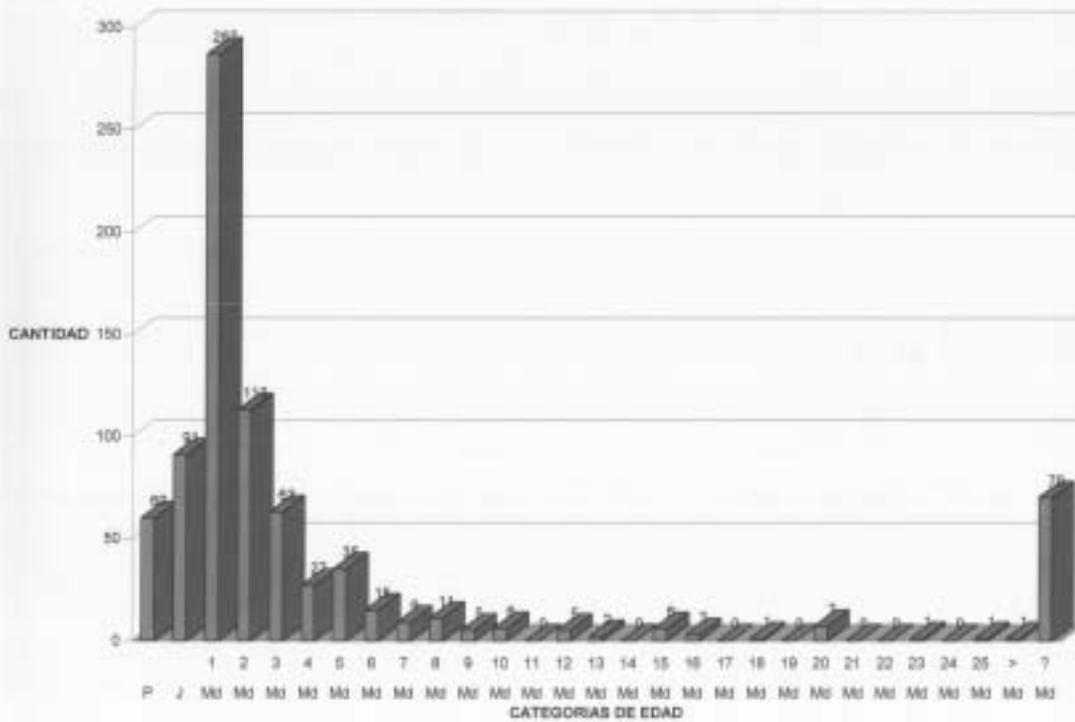


Figuras 64, 65, 66 y 67. Agregados de *Z. furfuracea*, el patrón de distribución más frecuentemente visto en la población en todos los ámbitos. Figura 64: varios agregados de diverso tamaño constituidos por plantas de edades diferentes. Figura 65: gran agregado donde es muy difícil distinguir plantas individuales; atrás se recortan las siluetas de dos zopilotes. Figura 66: agregado a la sombra de un matorral bajo. Figura 67: agregado donde todas las plantas a la vez produjeron sus renuevos; la sincronía en los fenómenos fenológicos de la especie es muy exacta y notoria.



Figura 68. Semillas recién desgranadas de un cono femenino en desintegración bajo el dosel de un matorral. A este ambiente tan cerrado difícilmente llegará un animal capaz de dispersar las semillas a un sitio lejano, aún cuando existiera el potencial para ello, así que lo más probable es que la mayoría de ellas germine ahí mismo donde cayeron. Probablemente lo mismo ocurrió con la semilla que dio origen a la plántula que se halla al pie de las semillas; parece tener menos de un año de edad, según lo denotan su fronda única y sus cuatro folíolos en forma de trébol de cuatro hojas.

GRAFICA 5. CANTIDAD DE INDIVIDUOS POR CATEGORIA DE EDAD  
ZONA DE PLAYA



1 % o estaban vacías. El máximo número de coronas registrado durante el muestreo lo tuvo un individuo del sitio 8.0, con 26 (Anexo I). Es de hacer notar que las plantas con más coronas tenían una apariencia francamente senil, con frondas pequeñas -similar a las de adultos jóvenes-y baja, o casi nula, producción de estructuras reproductoras. También es de hacer notar que la mayoría de los más longevos habitaban un pequeño sector entre el ejido Capultéotl, municipio de Catemaco y la desembocadura del Río de Cañas, en el municipio de Tatahuicapan, muy cerca (a unos 20 Km) de punta Zapotitlán, que definimos como límite de la distribución SE de la zamia.

En la zona de dunas la población fue más joven que la de la playa, a juzgar por los resultados del muestreo (Gráfica 6 y Tabla "Categorías de Edad" del Anexo IV). Plántulas (12.02 %) y juveniles (29.5 %) en conjunto abarcaron 41.53 % del total, o sea más del doble del mismo porcentaje de la zona de playa. Los adultos de una corona sumaban 37.7 %. Dentro de estas tres primeras categorías se encontraba el 79.23 % de la muestra, lo que quiere decir que cuatro quintos de las plantas tenían menos de 10 años de edad. Los individuos mayores abarcaron un quinto de la muestra (20,76 %); entre éstos, 11.47 % tenía de dos a cuatro coronas, 4.91 % tenía de cinco a ocho coronas y 4.37 % tenía 12 coronas. Casos excepcionales fueron cuatro individuos del sitio 6.2, con 26, 30, 38 y 41 coronas, respectivamente (Anexo II). Tales casos fueron igualmente raros en el resto de la población no muestreada; parecían corresponder a plantas seniles sobrevivientes de una época más propicia para la especie ya que tendían a coincidir en un mismo espacio y a tener pocos o ningún individuo joven cerca.

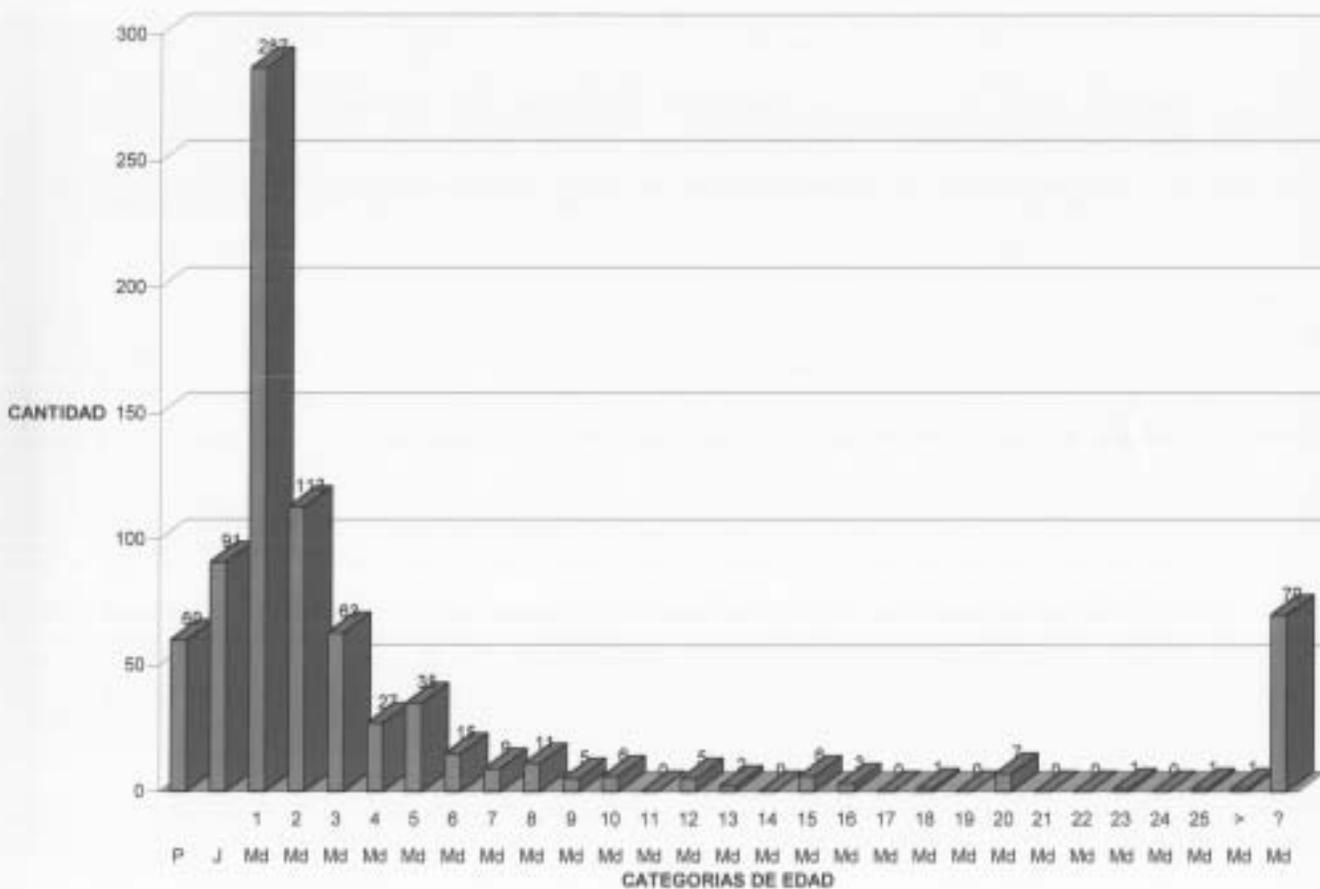
La zona de sabana mostró una sorprendente uniformidad en la distribución de los datos de muestreo (Gráfica 7 y Tabla "Categorías de Edad" del Anexo IV). El 85.43 % de los individuos pertenecía a la categoría de adultos de una corona. Las plántulas fueron apenas el 1.94 % y las juveniles el 11.65 %, lo que hizo de las inmaduras el 13.59 % en total. Solamente hubo un individuo de tres coronas (0.97 % de la muestra) en el sitio SAB 3 (Anexo III). No es posible especular acerca de las edades probables de las plantas que crecen en esta zona ya que, como hemos dicho ya, tienen características morfológicas y ecológicas distintas.

Los datos de las tres zonas, sin embargo, comparten la tendencia a concentrarse en la primer categoría de adultos (con una corona). Combinados (Gráfica 8) muestran una muy alta frecuencia en dicha categoría, con porciones considerables de individuos inmaduros y una súbita y después continua declinación numérica hacia las categorías de mayor edad. Este patrón es reproducido por los datos de las zonas de playa y de dunas, en los que entre uno y dos quintos de la muestra corresponden a inmaduros, un tercio está compuesto por adultos de 1 corona, y el resto se distribuye en fracciones progresivamente menores hasta las últimas categorías (Gráfica 9). La muestra de la sabana no tuvo este comportamiento; ocupó exclusivamente cuatro categorías, con una notable concentración mayoritaria en una sola, la de adultos jóvenes de una corona.

**-Sobre la proporción sexual de la población.** Éste fue un punto muy difícil de abordar sin llegar a fuertes controversias. Es por eso que este punto ha quedado con cierta vaguedad. Porcierto, es un aspecto en el que carecemos de elementos de juicio para incluir a las plantas de la zona de sabana.

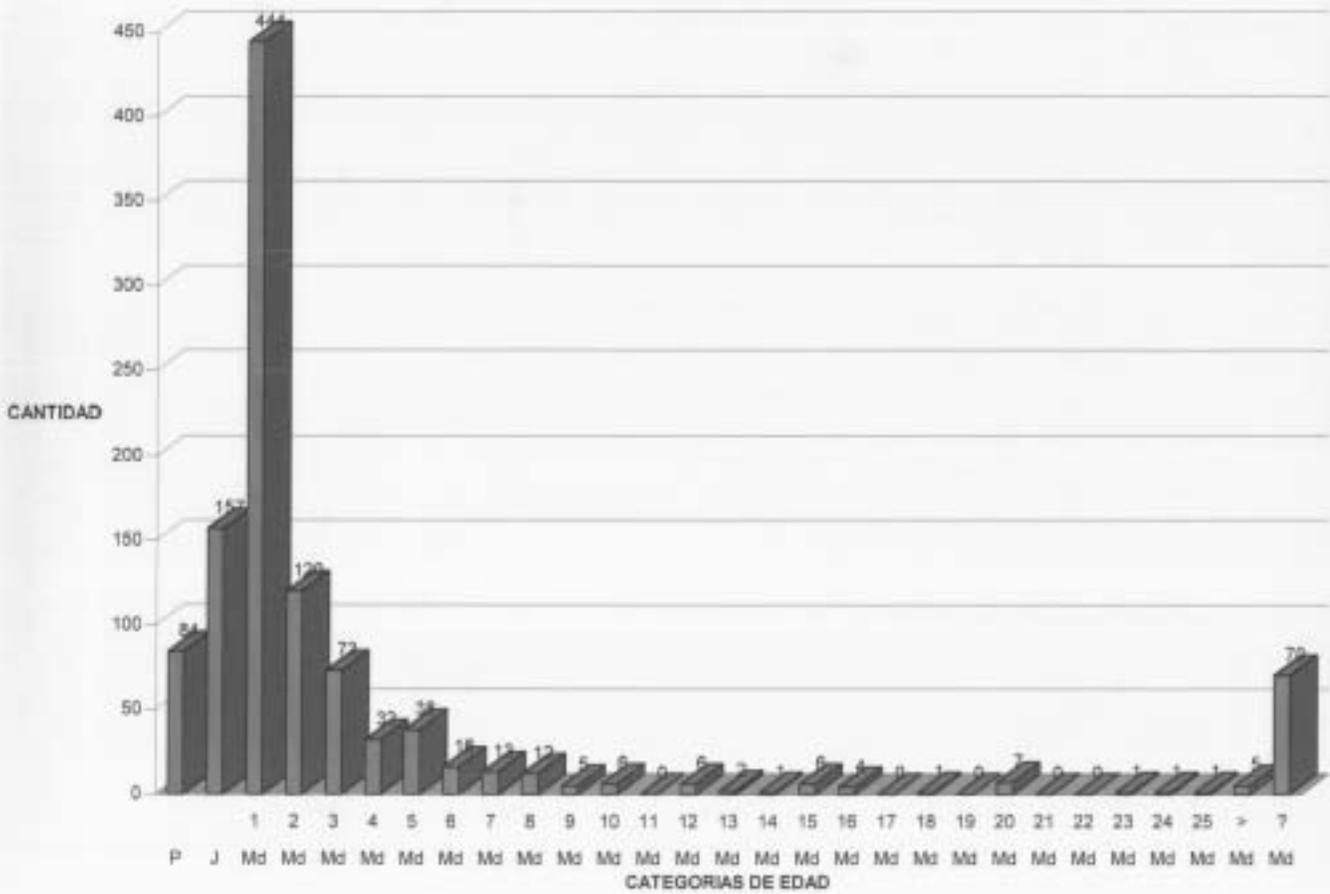
Hubo en las muestras un número prácticamente igual de individuos de cada sexo: 79 hembras y 74 machos en la playa, y cuatro hembras y ocho machos en las dunas, o sea 83 hembras y 84 machos en toda la muestra (Gráficas 13, 14, 15, 17 y Tabla "Categorías de Sexo y Cantidad de Conos" del Anexo IV). Sin embargo, esto no parece argumento suficiente para presumir que en la población hay más o menos la misma proporción de machos y hembras, o bien que en las dunas hay el doble de machos, ya que los individuos sexuados representan 21.55 % de los adultos mientras que los de sexo indeterminado alcanzan 78.45 % (Gráfica 17). Y, dada esta

GRAFICA 5. CANTIDAD DE INDIVIDUOS POR CATEGORIA DE EDAD  
ZONA DE PLAYA

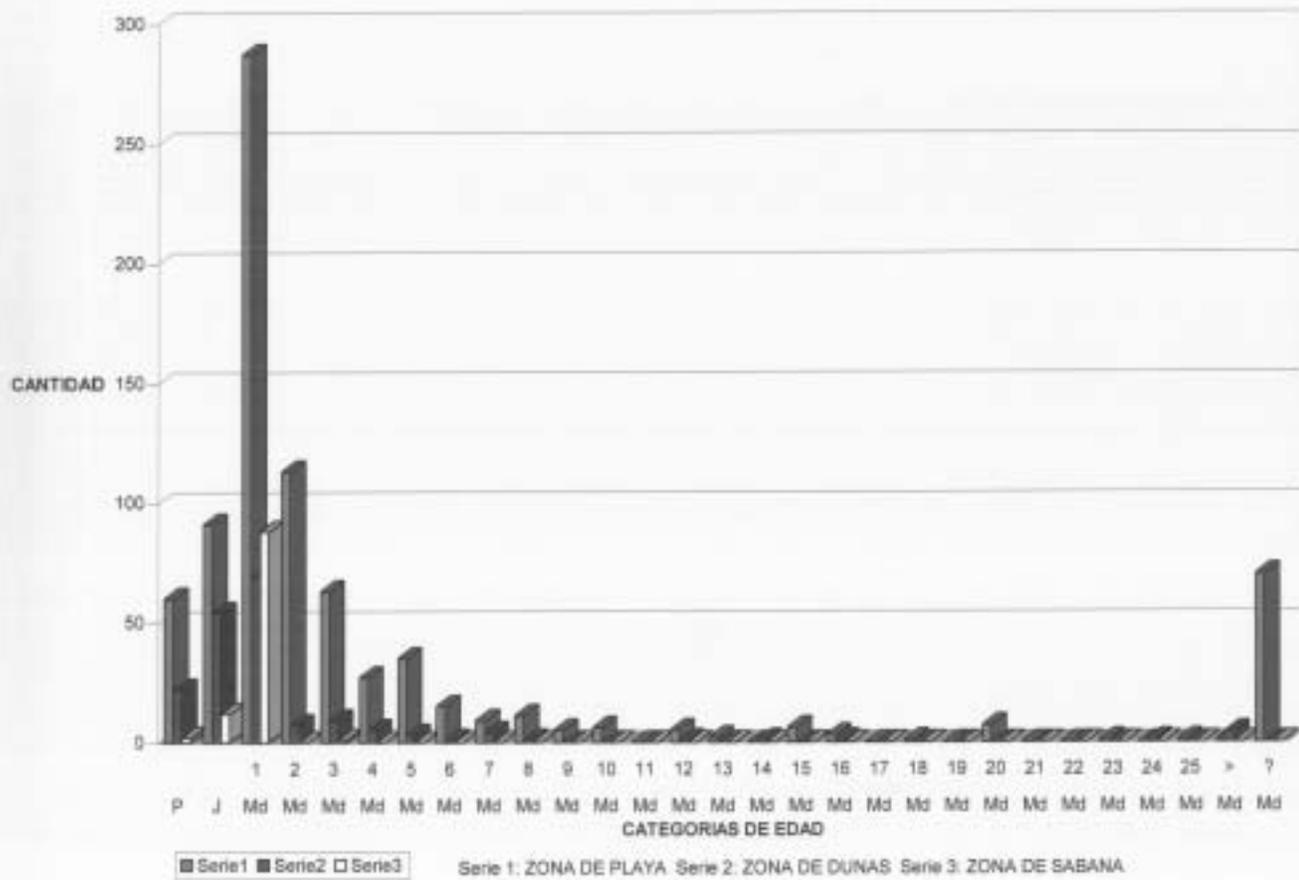




GRAFICA 8. CANTIDAD DE INDIVIDUOS POR CATEGORIA DE EDAD  
SINTESIS DE LAS TRES ZONAS

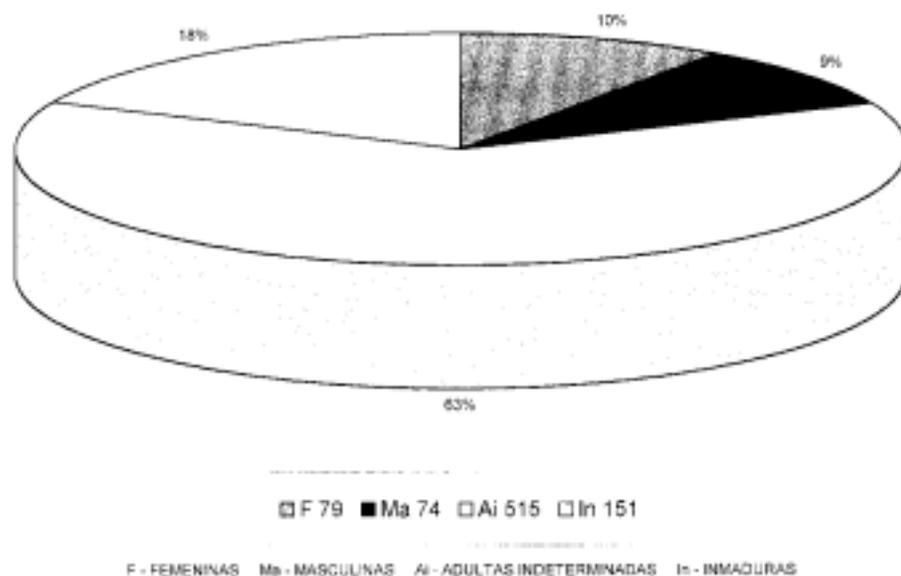


GRAFICA 9. CANTIDAD DE INDIVIDUOS POR CATEGORIA DE EDAD  
COMPARACION ENTRE LAS TRES ZONAS



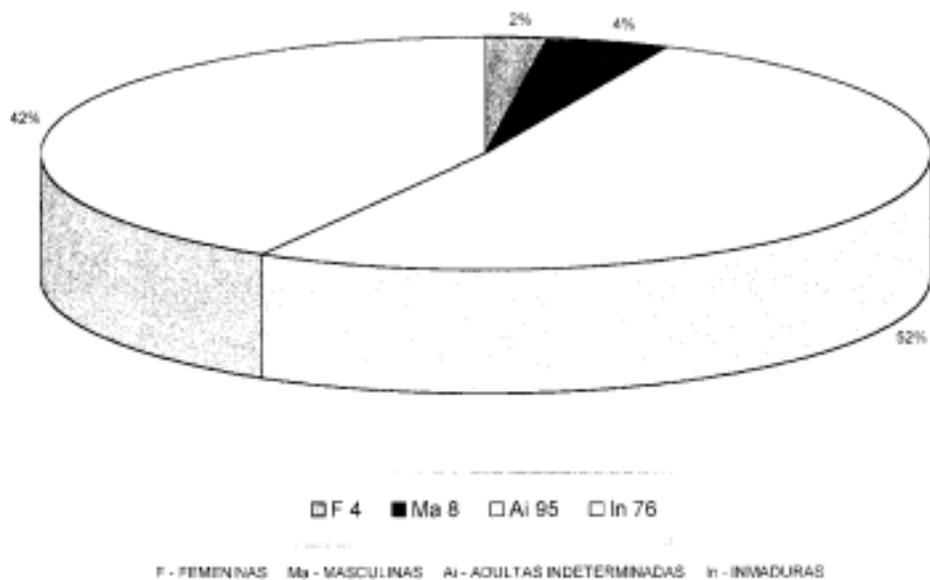
GRAFICA 13. CATEGORIAS DE SEXO  
ZONA DE PLAYA

MUESTRA DE 819 INDIVIDUOS



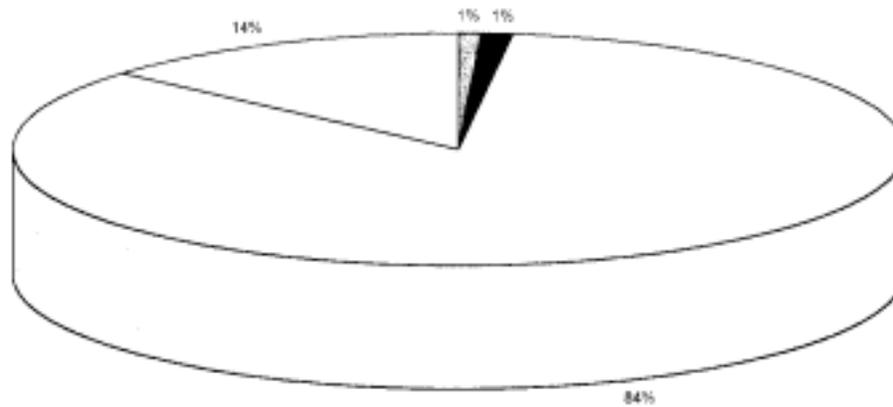
GRAFICA 14. CATEGORIAS DE SEXO  
ZONA DE DUNAS

MUESTRA DE 138 INDIVIDUOS



GRAFICA 15. CATEGORIAS DE SEXO  
ZONA DE SABANA

MUESTRA DE 103 INDIVIDUOS

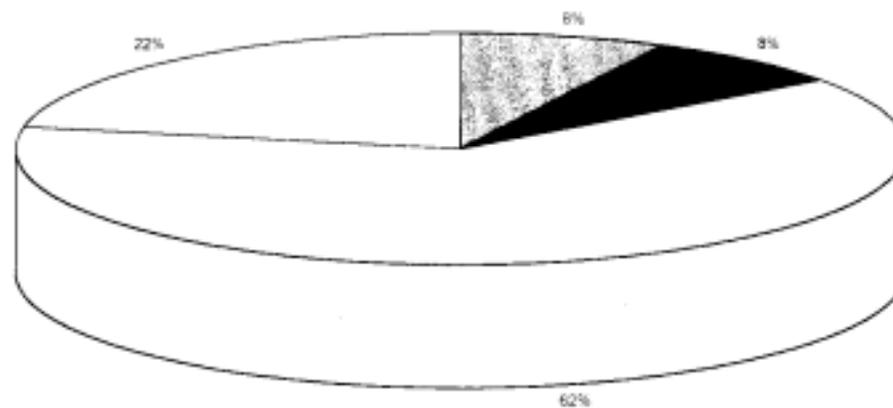


□ F 1 ■ Ma 1 □ Ai 87 □ In 14

F - FEMENINAS Ma - MASCULINAS Ai - ADULTAS INDETERMINADAS In - INMADURAS

GRAFICA 17. CATEGORIAS DE SEXO  
SUMA DE LAS TRES ZONAS

MUESTRA DE 1105 INDIVIDUOS



□ F 64 ■ Ma 83 □ Ai 697 □ In 241

F - FEMENINAS Ma - MASCULINAS Ai - ADULTAS INDETERMINADAS In - INMADURAS

proporción tan grande de individuos que no mostraron estructuras reproductoras, no se puede suponer múltiples causas para la alta frecuencia de soslayar el tema de su identidad sexual para poder hacer inferencias demográficas (Gráfica 18).

adultos indeterminados en la mayoría de los sitios de muestreo, y ninguna es simple de analizar. Algunas causas podrían afectar por igual a los individuos de ambos sexos, pero otras podrían afectar más a los de un sexo que a los de su contraparte. Tales causas podrían ser las siguientes:

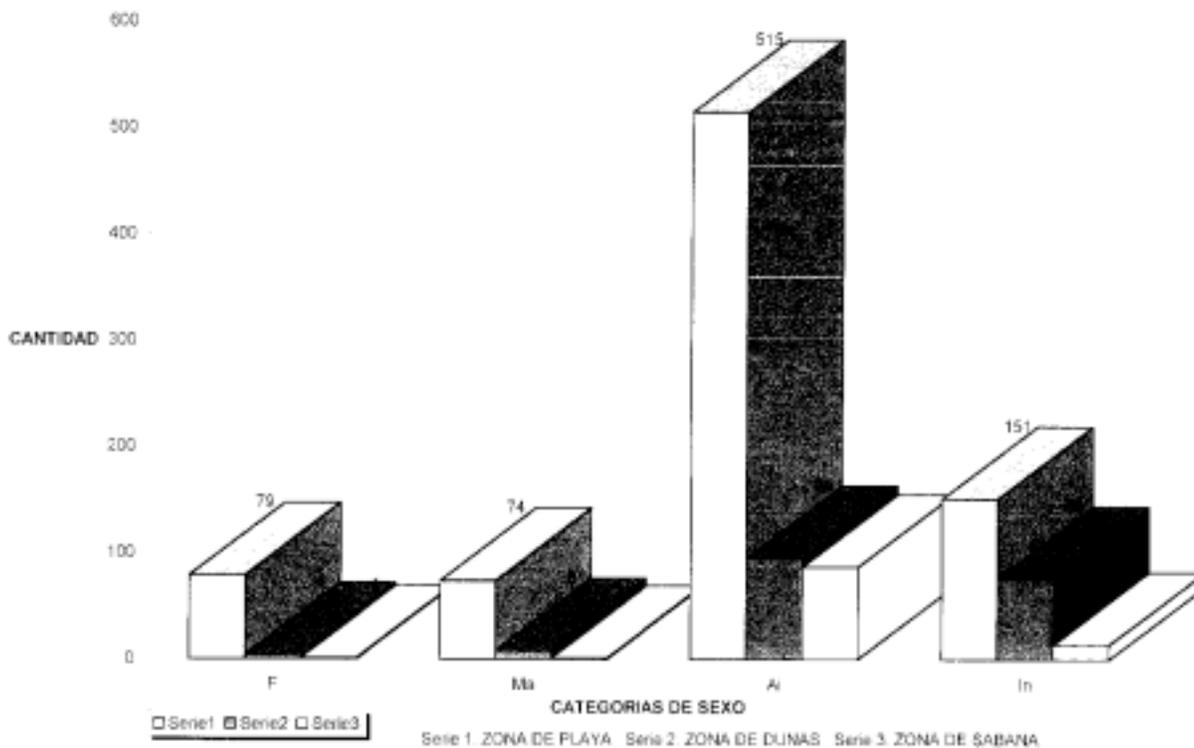
1) Machos y hembras tienen una conducta reproductora similar y tienen iguales probabilidades de nacer y de morir. Los adultos indeterminados guardan una proporción de machos y hembras idéntica a la que se observa entre los individuos con estructuras reproductoras, y su gran abundancia está en función de un sesgo causado por nosotros. Es decir, el número de adultos indeterminados es la expresión de un artefacto de muestreo a causa del no registro del sexo de la mayoría de los adultos, a pesar de que sí hubieran producido estructuras reproductoras, mismas que no advertimos porque no registramos suficientemente en busca de conos o sus restos o bien porque visitamos los sitios de muestreo fuera de la temporada de reproducción, todo lo cual significa que fallamos en idéntica proporción en la identificación de uno y otro sexo. Un sesgo intrínseco a la población. Individuos con una corona y apariencia madura podrían ser, en realidad, adultos jóvenes pero inmaduros que aún no han realizado su primer acto reproductor.

- Un sesgo causado por la adversidad del entorno, Las perturbaciones climáticas causadas por los fenómenos de El Niño y La Niña, durante el estiaje en particular, en los últimos tres años pudo haber causado una disminución en la producción de conos, especialmente entre los adultos con una, dos y tres coronas (que conforman la mayoría), lo que se debería a que los adultos jóvenes y relativamente jóvenes, a pesar de estar ya establecidos, no cuentan con tantas reservas energéticas como los individuos multiramificados y, por tanto, son poco tolerantes a las fluctuaciones ambientales más restrictivas (véase más abajo la sección sobre Observaciones adicionales: tipo y grado de daño).

- Machos y hembras tienen una conducta reproductora similar, pero difieren en las probabilidades de nacer o de morir. Los adultos indeterminados guardan una proporción de machos y hembras diferente a la que se observa entre los individuos con estructuras reproductoras, lo que quiere decir que el grupo está compuesto mayoritariamente por hembras jóvenes que no alcanzan la edad de la primera reproducción. La semejanza en el número de machos y hembras con estructuras reproductoras se debe a que hay un sesgo de origen a favor de las hembras (o sea, nacen más hembras que machos), pero éstas tienen mayor probabilidad de morir por ser más numerosas que los machos, de tal modo que a edades medias y avanzadas los números tienden a igualarse. - Machos y hembras tienen igual probabilidad de nacer, pero hay una supervivencia diferencial relacionada al sexo que hace que los machos tengan menor esperanza de vida a edades tempranas y medias que las hembras. En consecuencia, hay un sesgo en el sector joven de la población hacia hembras, aunque a edades

mayores los machos sobrevivientes sean más longevos y tiendan a acumularse y a sesgar la población a su favor. Por su parte, las hembras tienen más probabilidades de morir a edades medias por efecto de vigor disminuido a causa de la iteroparidad y pueden tender a disminuir en número a edades avanzadas. Así, el balance final es la relativa igualdad de los sexos entre los individuos reproductores.

GRAFICA 18. CANTIDAD DE INDIVIDUOS POR CATEGORIA DE SEXO  
COMPARACION ENTRE LAS TRES ZONAS



iii) Machos y hembras tienen una conducta reproductora diferente (como sucede en la mayoría de las especies de Cycadales) y el balance en el total de la población está a favor de las hembras, ya sea porque nacen más, o bien porque sobreviven más a edades tempranas y medias. Los adultos indeterminados guardan una proporción de machos y hembras diferente a la que se observa entre los individuos con estructuras reproductoras; en el grupo hay individuos que no alcanzan la primera reproducción y hembras sexualmente maduras que no se están reproduciendo porque producen conos más espaciadamente en el tiempo que los machos. La semejanza en el número de machos y hembras con estructuras reproductoras se debe a que hay menos machos que hembras entre los adultos sexualmente maduros, pero éstos se reproducen con más frecuencia y se hacen notar más.

iv) Machos y hembras tienen una conducta reproductora mixta, con un balance numérico en la

población circunstancialmente oscilante a favor de uno y otro sexo. Los adultos indeterminados guardan una mezcla de adultos jóvenes que no alcanzan la edad de la primera reproducción y de individuos de ambos sexos sexualmente maduros en período de refracción. Puede haber individuos muy vigorosos y en plenitud de sus capacidades vitales que produzcan conos cada año, como ha sucedido con algunos ejemplares cultivados en vivero, e individuos que muestren períodos refractarios entre una reproducción y otra. Igualmente puede haber individuos muy ramificados y con abundantes reservas de recursos que se reproduzcan cada año alternando la producción de conos de una rama a otra, lo mismo que individuos que produzcan conos siempre en las mismas ramificaciones que a veces se reproduzcan cada año y a veces dejen de hacerlo por más de un año.

Para entender la lógica de los dos argumentos anteriores es necesario poner atención al costo de la reproducción en la zamia. La producción de conos exige una gran inversión de energía y materiales, tanto para la formación de *gametos* y *el* aprovisionamiento de semillas, como para la creación del estróbilo mismo, pues significa el acopio de una gran cantidad de biomasa en forma de tejido vascular y de soporte que al final es desechada pero que es indispensable para la reproducción. Esto podría traducirse en períodos refractarios en la producción de conos mientras la planta reúne los recursos necesarios para otro esfuerzo reproductor.

Tal afirmación podría ser particularmente cierta para las hembras, ya que en ellas todo lo relativo a la reproducción es más grande: las semillas (unas  $143 \pm 24$  por cono, según la muestra; Tabla "Semillas y Germinación" del Anexo IV) son mucho más onerosas de hacer y mantener que el polen, y además tienen abundantes reservas de almidón y están fuertemente defendidas con sustancias metabólicamente costosas; y la biomasa de soporte del cono es mucho mayor a la del macho (tal vez unas cinco veces), biomasa que además tiene que ser sostenida por más tiempo ya que el cono femenino permanece en la planta nueve meses desde que emerge hasta que comienza a desintegrarse, en tanto que en el cono masculino dura unos cuatro a cinco meses. Así, podría pensarse que quizá las hembras alternen un año de actividad reproductora con uno o dos -y quizá tres- años de descanso. Dado su menor esfuerzo reproductor, los machos podrían no tener un período refractario y, en caso de tenerlo, presumiblemente no sería tan largo como el de las hembras, de manera que exhibirían conos cada año o, lo que es menos probable, cada dos años.

Es posible que este mayor costo en la reproducción para las hembras se observe en los datos del muestreo en relación a la cantidad de conos por corona de frondas entre los individuos de cada grupo sexual con más de una corona (Tabla "Categorías de Edad con Respecto al Sexo" del Anexo IV). En las hembras, la cantidad más frecuente de conos por corona fue uno, ocasionalmente encontramos dos por corona, y casi nunca tres por corona; solamente tres plantas mostraron más conos que coronas, dos de *ellas en el sitio 5.0*, con cuatro coronas y cinco conos cada una, y la otra con seis coronas y siete conos, en el sitio 20.0 (Anexo 1). Los machos, por su parte, produjeron muchos más

conos por corona, lo que, por cierto, no significó que todas las coronas produjeran conos, pues una o dos coronas concentraban la producción mientras las otras producían pocos o ningún cono.

Por otro lado, también nos ha resultado difícil dar una interpretación al significado de la presencia de los individuos más longevos. Es evidente que la larga permanencia de un individuo denota, además de favores del azar, capacidad de supervivencia y, por lo mismo, buena adecuación al medio y probablemente mayor potencial darwiniano, esto es, más posibilidades de heredar sus genes a

descendientes que los de menor potencial. Pero estos individuos -machos y hembras, pero en especial estas últimas- parecían aportar muy poco a las nuevas generaciones; ciertamente tienen tallos de impresionante tamaño y parecen resistir a factores adversos que sin duda matarían a los individuos de tallos más pequeños o menos ramificados (Figuras 69 y 70), sin embargo en el muestreo nunca los vimos producir tantos conos ni tan grandes como los medianamente ramificados, y sus coronas de frondas siempre fueron menos grandes y densas que los de aparente menor edad. Es posible que se trate de individuos que ya hayan expresado su máximo potencial darwiniano y que, a pesar de ello, su permanencia asegure la continuidad de la población sin importar las fluctuaciones demográficas en un ámbito caracterizado por la impredecibilidad en las condiciones necesarias para la supervivencia y la reproducción.

Dejando de lado la discusión sobre el significado de los adultos indeterminados y concentrándonos en los individuos sexualmente maduros y en reproducción al momento del muestreo, observamos una proporción casi idéntica entre hembras y machos de todas las categorías de edad en la población en general. Según nuestras estimaciones, la proporción media entre hembras y machos en las zonas de playa y de dunas combinadas fue de 1 : 1.11 (Tabla "Proporción Sexual y Cantidad de Conos" del Apéndice IV), sin embargo al separar las zonas observamos un sesgo grande hacia machos en las dunas (relación  $\chi^2$  de 1 : 2) mientras que en los datos de la playa existió un pequeño sesgo hacia hembras (relación  $\chi^2$  de 1 : 0.81).

Igualmente puede notarse distinta distribución de frecuencias según el sexo al considerar las categorías de edad (Gráficas 19, 20, 21, 22 y Tabla "Categorías de Edad con Respecto al Sexo" del Anexo IV). Las plantas femeninas fueron más numerosas entre las primeras categorías de edad, y más escasas entre las longevas. Contrasta esta tendencia con la de las masculinas, que en términos proporcionales fueron menos entre las primeras categorías de edad y más entre las *más viejas*. Dicho de otra manera, los datos indican que más hembras alcanzan edades bajas a medias pero después declinan rápidamente, mientras que los machos al principio son proporcionalmente menos que las hembras pero después declinan más despacio y se acumulan entre los individuos longevos.

Dentro de las primeras cuatro categorías de individuos maduros (con una a cuatro coronas) hubo 65 plantas femeninas y 39 masculinas (proporción de 1.6 : 1); entre las cuatro siguientes (con 5 a 8 coronas) existieron 14 plantas femeninas y 23 masculinas (proporción de 1 : 1.6); entre las plantas con más de 9 coronas las femeninas sumaron 5 y las masculinas 21

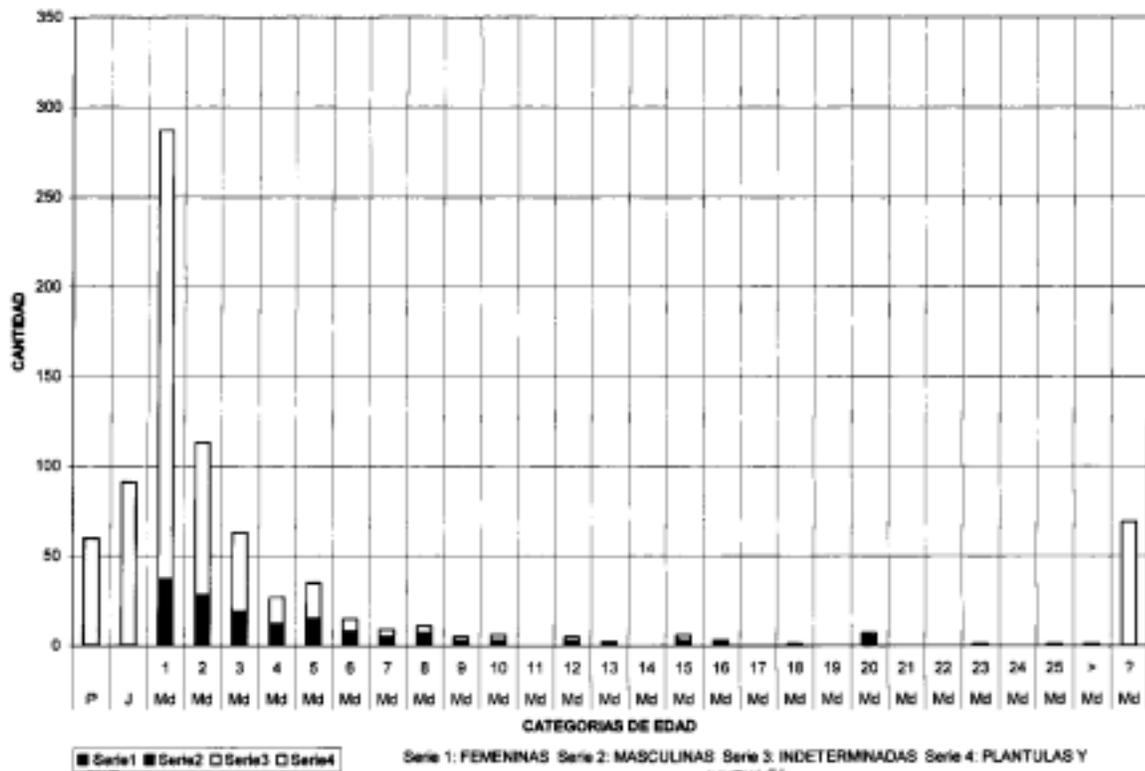
(proporción de 1 : 4.2) (Tabla "Categorías de Edad con Respecto al Sexo" del Anexo IV). En el sitio 21.0 se encontraron las dos mayores plantas femeninas registradas, en cada una de las cuales contamos 20 coronas (Anexo I), mientras que en el sitio 6.2 encontramos las dos mayores plantas masculinas registradas, con 38 y 41 coronas cada una (Anexo II).

EN TORNO AL OBJETIVO 3, SOBRE EL TAMAÑO TOTAL DE LA POBLACIÓN. Las distintas zonas de muestreo exhibieron grandes diferencias en las densidades de plantas (Gráfica 4 y Tabla

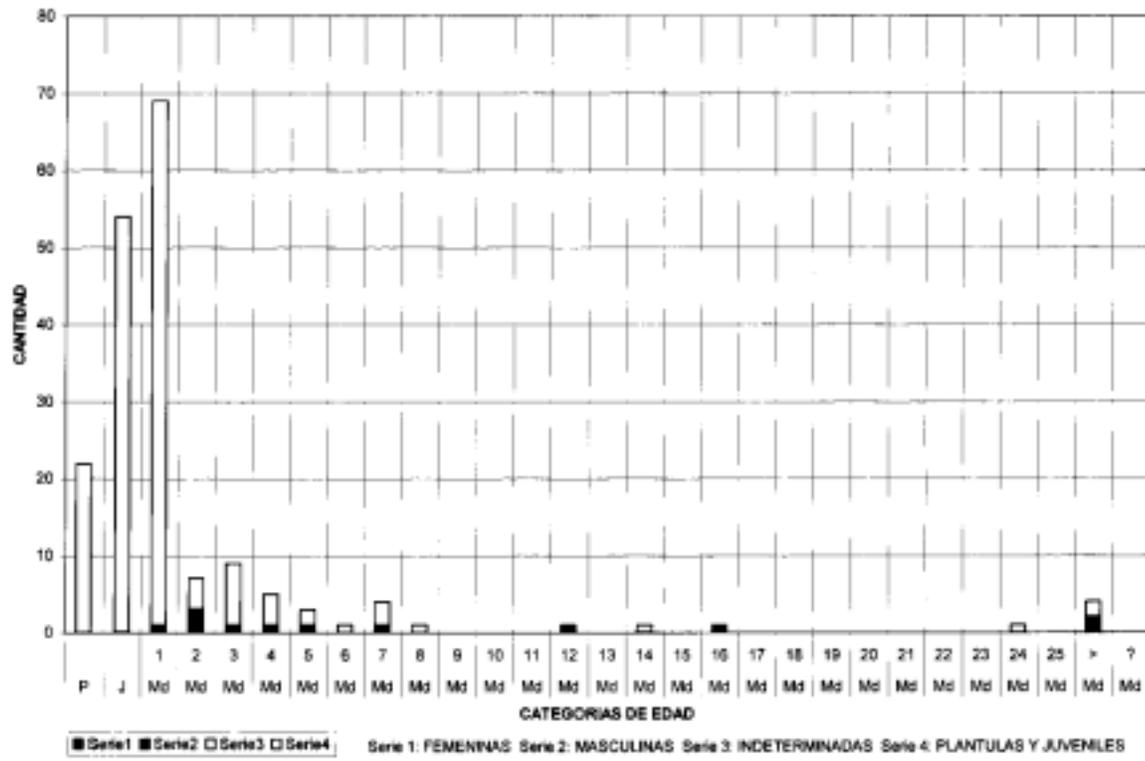


Figuras 69 y 70. Ejemplares de *Z. furfuracea* aparentemente muy longevos. Figura 72: individuo con varias ramificaciones, tres de las cuales (dos al frente y una a la derecha un poco atrás) son gigantescas (de unos 60 cm de diámetro); ha sido capaz de producir renuevos a pesar de estar muy expuesto al viento, al pisoteo de animales y cierto ramoneo de burros, al grado de haber perdido prácticamente la totalidad de frondas maduras. Figura 73: individuo muy ramificado (la *mayor parte del cual no* aparece en la imagen) que, habiendo sido desenterrado y atacado con fuego por una persona que aparentemente deseó erradicarlo, ha iniciado la producción de renuevos, como puede verse en el tímido brote de la rama de la izquierda.

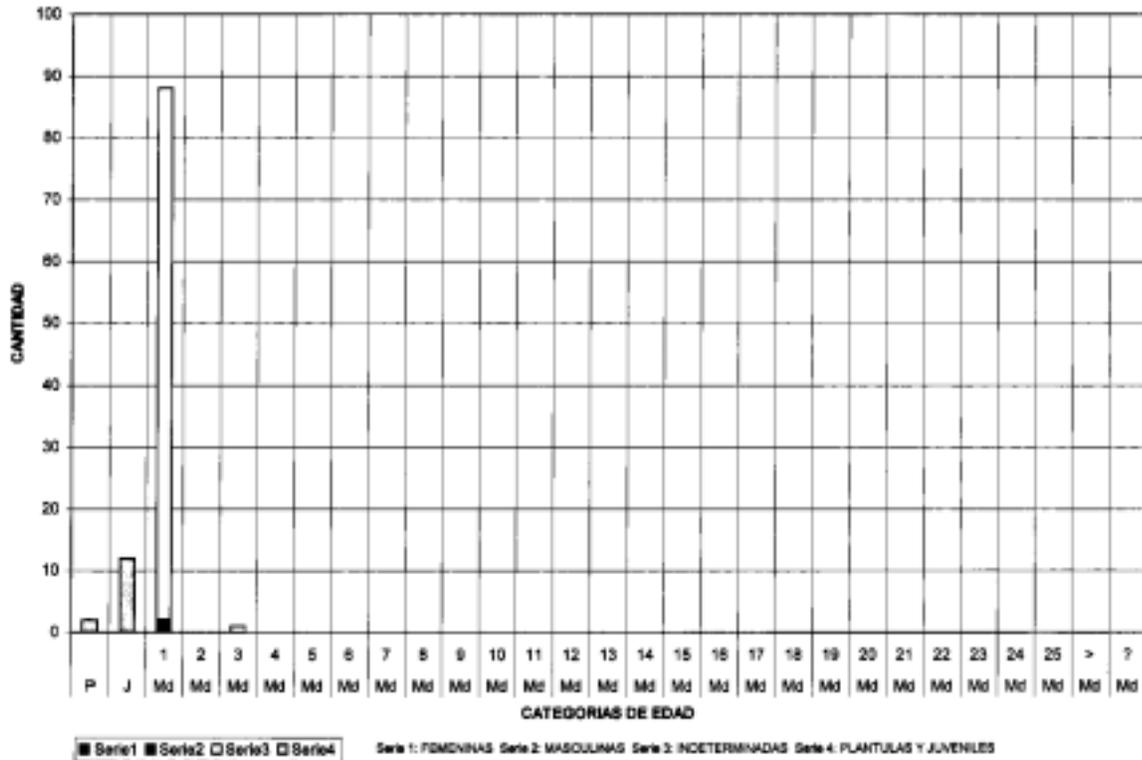
GRAFICA 19. CANTIDAD DE INDIVIDUOS POR CATEGORIA DE EDAD Y DE SEXO  
ZONA DE PLAYA



GRAFICA 20. CANTIDAD DE INDIVIDUOS POR CATEGORIA DE EDAD Y DE SEXO  
ZONA DE DUNAS



**GRAFICA 21. CANTIDAD DE INDIVIDUOS POR CATEGORIA DE EDAD Y DE SEXO  
ZONA DE SABANA**



Densidad y Tamaño Poblacional" del Anexo IV) y, en consecuencia, en el tamaño de población que pueden albergar. Para la playa, considerando una superficie efectivamente habitada de 4.2 Km<sup>2</sup> (105 Km de longitud X 0.04 Km del ancho de banda del transecto de muestreo) y  $\mu =$

$093.75 \pm 4189.62$  plantas/Km<sup>2</sup>, estimamos que la población total al momento del muestreo estaba compuesta por  $25,593.75 \pm 17,596.38$  plantas de todas las edades. Esto es, la población tenía un mínimo de alrededor de 7,997 plantas (dato exacto: 7997.37) y un máximo de unas 43,190 plantas (dato exacto: 43,190.12).

Para las dunas de tierra adentro procedimos de igual forma. Considerando una superficie efectivamente habitada de 59 Km<sup>2</sup> y  $\mu = 2,42.41 \pm 1,449.85$  plantas/Km<sup>2</sup>, estimamos que la

población total al momento del muestreo estaba compuesta por  $120,502.23 \pm 85,541.39$  plantas de todas las edades. Esto revela un potencial mínimo de 34,961 plantas (dato exacto: 34,960.83)

y máximo de 206,044 plantas (dato exacto: 206,043,63) para toda la extensión de las dunas.

Para la zona de sabana nos abstenemos de hacer una estimación del tamaño poblacional, ya que no es válido hacerlo con base en datos obtenidos de un muestreo dirigido. Ya hemos hecho notar que la densidad puntual de los sitios de muestreo en esa zona fue más alta que las de las otras dos zonas, a pesar de tratarse de una población más escasa.

De todas estas cifras resulta algo paradójico: de acuerdo con lo que dijimos arriba, la zona donde

hay más riesgos para la existencia -descontando, por supuesto, la sabana- es la de dunas, pues la permanencia de las plantas está supeditada a los caprichos y exigencias de la producción agropecuaria, mas es ahí donde se halla el grueso de la población, con casi cinco veces más plantas que en la playa. Quizá la combinación de mosaicismo natural de la vegetación y fragmentación del hábitat logren abrir espacios para lo ocupación oportunista por parte de *Z. furfuracea* en las selvas y matorrales de las dunas, que en otras condiciones serían ámbitos vedados para la planta. En cambio en la playa los individuos tienden a permanecer vivos por más tiempo, pudiendo algunos individuos alcanzar gran longevidad, y parecen lograr más vigor (dicho esto tan solo por referir los aspectos más relevantes de los signos sobre las condiciones de supervivencia), pero la perturbación antropogénica y la estrechez del hábitat impiden a la población alcanzar mayor potencial numérico.

EN TORNO AL OBJETIVO 4, SOBRE EL POTENCIAL REPRODUCTOR. Durante el primer año

de la investigación, en la temporada de producción de conos se suscitó una gran actividad de saqueo de los mismos por personas desconocidas. En más de 1,200 plantas observadas se registraron tan solo siete conos en individuos totalmente escondidos y pertenecientes a distintas localidades. Seguramente por ignorancia, el saqueo incluyó conos masculinos, que no producen semillas. Además, dado que la extracción de los conos ocurrió en los estados más tempranos de su desarrollo, es altamente probable que los conos femeninos hayan estado infértiles. Semejante saqueo nos obstruyó en ese año el cumplimiento del ensayo de germinación, e igualmente nos dificultó la identificación del sexo de los individuos, su categoría de edad y su fenostado, aspectos todos que se deducen de la presencia de los conos.

Finalmente, en el segundo año de actividades conseguimos nuestros propósitos, pero fue a base de mayor esfuerzo y tiempo de lo esperado. Debimos aprender a rastrear entre las bases de las hojas y la hojarasca para buscar los restos de bases de conos e interpretar a partir de eso, pero con gran certidumbre, la identidad sexual del individuo y la suerte sufrida por el cono (si se desgranó naturalmente o si fue cortado, por ejemplo) (Figuras 71 a 73; Gráficas 10, 11 y 12, y Tabla "Categorías de Sexo y Cantidad de Conos" del Anexo IV). Por otro lado, ubicamos en lugares relativamente inaccesibles las parcelas fijas de muestreo donde habríamos de recolectar



Figura 71



Figura 72



Figura 73

Figuras 71, 72 y 73. Pedúnculos de conos; representan los restos más permanentes después de que el cono ha desaparecido. Las figuritas blancas atadas a raquis de frondas en un par de imágenes corresponde a etiquetas puestas por nosotros. Figura 68: pedúnculo de un cono masculino con los restos de éste a un lado. Figura 69: pedúnculo de un cono femenino que se desintegró naturalmente; en el ápice del cono se observan restos de catáfilas pertenecientes al cono. Figura 70: pedúnculo de un cono femenino que fue cortado por saqueadores ilegales unas horas antes de imprimir la fotografía; el corte limpio del machete puede verse hasta poco antes de que el pedúnculo se desintegre por completo.

sino también el aplastamiento de las plantas; en un corto período de tiempo (quizá unos dos o tres años) los daños se acumulan y causan la supresión de varios individuos de la especie, la apertura de claros en el matorral y un caminito muy evidente desde lejos (Figuras 77 y 78). Así mismo no fueron considerados algunos tipos de daño que por azar no quedaron representados en el muestreo o quedaron solo de manera excepcional, o bien aunque estaban presentes no habían sucedido durante el período de la investigación, como el causado por el fuego o la erosión del sustrato.

En casi todos los sitios de muestreo hubo plantas defoliadas por herbívoros y por el viento. Los daños por competencia no fueron observables en todas las plantas, pero sí en prácticamente todos los sitios de muestreo. Los últimos dos tipos de daño fueron propios de plantas localizadas cerca de veredas o en medio de predios ganaderos.

Las plántulas y las juveniles mostraron muy poco daño; por lo común estaban protegidas y

ocultas bajo el dosel de matorrales o bajo el follaje de zamias mayores. En cambio las plantas adultas tendían a mostrar más daño mientras más grandes fueran y más aisladas de los matorrales estuvieran, y por lo común exhibían simultáneamente varias causas de daño. Pero estos fueron patrones generales; para habla de las demás plantas es necesario particularizar por zonas.

**Zona de playa.** No pudimos examinar a todos los individuos de la muestra (78 de 819, o sea 9.52 %) para determinar su tipo y grado de daño. En las que sí (que fue la mayoría), el motivo de daño más frecuente fue la herbivoría, seguido por la competencia y el viento, mientras que los daños por tránsito y por machete fueron muy escasos (Gráfica 23 y Tabla "Categorías de Daño" del Anexo IV). A pesar de su elevada frecuencia, el daño por herbivoría resultó equiparable en términos proporcionales con el causado por el viento; ambos abarcaron a poco menos de la mitad de la población. La competencia afectó a alrededor de un tercio mientras que los machetes perjudicaron a casi un vigésimo y el tránsito a un quincuagésimo (Tablas 5 y 6).

Tabla 5. Tipos de daño en la zona de playa, frecuencia total de individuos afectados y porcentaje promedio de la población afectada (con su respectiva desviación estandar).

Tipo de daño:	Herbivoría	Viento	Competencia	Tránsito	Machete
Frecuencia:	432	256	344	15	45
$\mu$	43.37 %	44.49 %	29.34 %	1.97 %	4.17 %
$\sigma_p$	13.12	12.63	9.21	1.96	2.48

Tabla 6. Grados de daño en la zona de playa, frecuencia total y porcentaje promedio de la población (con su respectiva desviación estandar).

Grado de daño	Grande	Mediano	Escaso	Ausente
Frecuencia	107	306	240	88
$\mu$	8.33	38.32	31.51	11.80
$\sigma_p$	4.48	10.59	9.62	4.65

Las plantas cercanas a la costa están expuestas al embate directo del viento marino, que durante los nortes y las tormentas tropicales puede ser devastador. La zamia ha logrado adaptarse a este ambiente de continua desecación y defoliación con la producción anual de un conjunto de frondas flexibles y tomentosas cuando emergen y coriáceas y glabras cuando maduran, las cuales soportan la exposición a los elementos.

Sin embargo, el corto periodo de crecimiento de las frondas suaves y vulnerables es aprovechado por las orugas de E, toxea para alimentarse de ellas. La

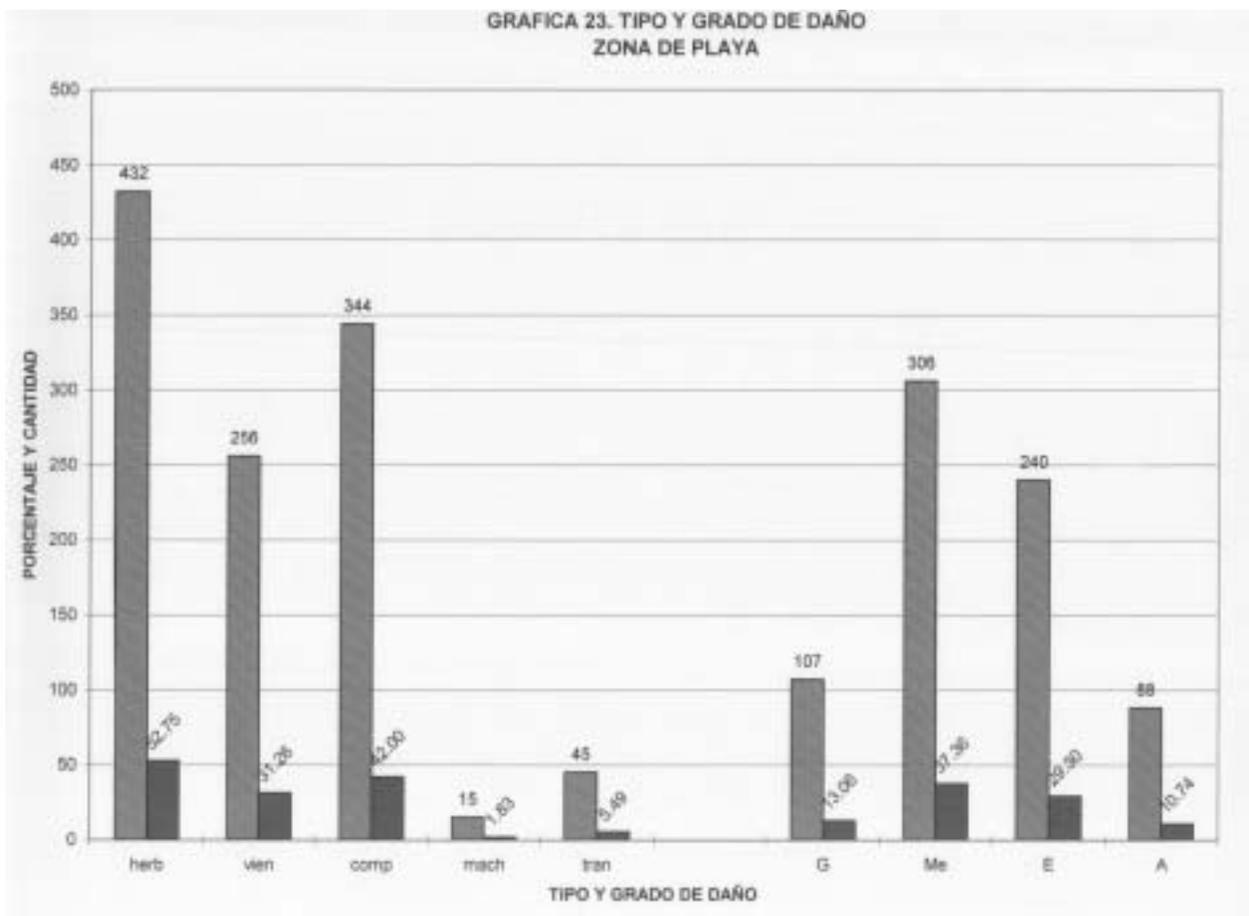


Figura 77



Figura 78

Figuras 77 y 78. Caminos en matorrales cercanos a la playa hechos por saqueadores ilegales de conos de *Z. furfúrtacea*. Figura 74: camino hecho por el simple pisoteo después de varias pasadas. Figura 75: camino hecho a machetazos.



vegetación costera, chaparra y semidefoliada, permite a las mariposas encontrar con facilidad a

las frondas de zamia para ovipositar sobre ellas.

La competencia por el espacio y la luz es intensa en el matorral denso. En cada temporada de crecimiento vegetativo de la zamia, cada planta una intenta extender su follaje lo más posible, por encima de las vecinas. Este crecimiento intrincado plantas produce en la zamia cierta deformación de las frondas; sin embargo el daño mayor se da al rasgarse mutuamente hojas y ramas cuando sopla el viento. Pero, por otro lado, la densa y espinosa vegetación, a la vez que significa un reto de competencia espacial, funciona para la zamia como barrera protectora ante la depredación humana y el pisoteo de sus bestias, y podemos suponer que la defensa es efectiva, dado lo relativamente escaso del daño por tránsito y por machetes, aunque -por desgracia- encontrarnos numerosas áreas fuertemente impactadas por éstos.

Existe una relación directa entre el grado de exposición y la magnitud del daño. Aquellas plantas de difícil acceso, creciendo en medio de matorrales y cuyas coronas estaban ocultas mostraron poco daño. Las plantas vigorosas de varias coronas o agregadas cercanamente mostraron daños moderados al protegerse entre sí y al ser capaces de reponer rápidamente frondas perdidas. Algunas de éstas, privilegiadas al encontrarse en barlovento, mostraron, además, una gran

producción de conos. Las plantas rodeadas de arena suelta, que crecían en zonas abiertas y visitadas por el ganado, o cercanas a caminos y veredas, mostraron mucho más daño.

**Zona de dunas.** La muestra de esta zona fue menor a la de la playa (183 individuos), aunque no hubo individuos inaccesibles y en todos pudimos examinar el daño que mostraban. El motivo de daño más frecuente fue la herbivoría, al igual que entre las plantas de la playa; el viento ocupó el segundo lugar, los cortes por machete y la competencia fueron los siguientes, y el tránsito fue la causa de menor importancia (Gráfica 24 y Tabla "Categorías de Daño: Tipo y Grado" del Anexo IV). Más de un tercio de la población fue afectado por la herbivoría y más de un quinto por la acción del viento; los cortes por machete y la competencia abarcaron cada cual a alrededor de un décimo del total, y el tránsito afectó a menos de un centésimo.

Tabla 7. Tipos de daño en la zona de dunas, frecuencia total y porcentaje promedio de la población (con su respec

Tipo de daño	Herbivoría	Viento	Competencia	Tránsito	Machete
Frecuencia	88	52	14	2	17
$\mu$	36.73 %	22.11 %	11.11 %	0.90 %	10.13 %
$\sigma_p$	17.59	20.43	11.01	0.94	5.80

En los médanos el paisaje es invariable: por un lado hay matorrales fragmentados, más o menos densos, que han sucedido a la devastación de las selvas baja y mediana, y por otro hay pastizales inducidos artificialmente. Nuestra especie se encuentra, por lo común, protegida entre los matorrales; éstos la defienden de los efectos del viento y la ocultan de las especies depredadoras.

Bajo los matorrales se acumula la hojarasca y se retiene cierta humedad, de tal manera que se crean algunas condiciones propicias para la germinación y establecimiento de nuevas plantas. Sin embargo hay numerosas plantas que después del aclaren de la vegetación sobreviven entre pastos y hierbas, completamente expuestas a los elementos, a los herbívoros y al pisoteo del ganado.

En un mismo sitio de muestreo era posible encontrar tanto plantas en exceso dañadas (al grado de la amenaza a la existencia) como plantas rollizas con follaje limpio; las primeras entre el pastizal y las segundas bajo matorrales. El *manejo* de las parcelas o potreros determina el estado de las plantas (su grado de afectación) y, a largo plazo, sus posibilidades de supervivencia. Los médanos desprovistos casi por completo de vegetación arbustiva, los sobrepastoreados o los recientemente quemados. fueron los sitios donde más daño habían acumulado las zamias (claro está que nos referimos al caso de que existiesen aún). Las parcelas donde era más propicio encontrar plantas en buenas condiciones fueron aquellas semiabandonadas, con matorrales espaciados y de baja estatura (menor a 1.5 m) y poco pobladas o visitadas por ganado.

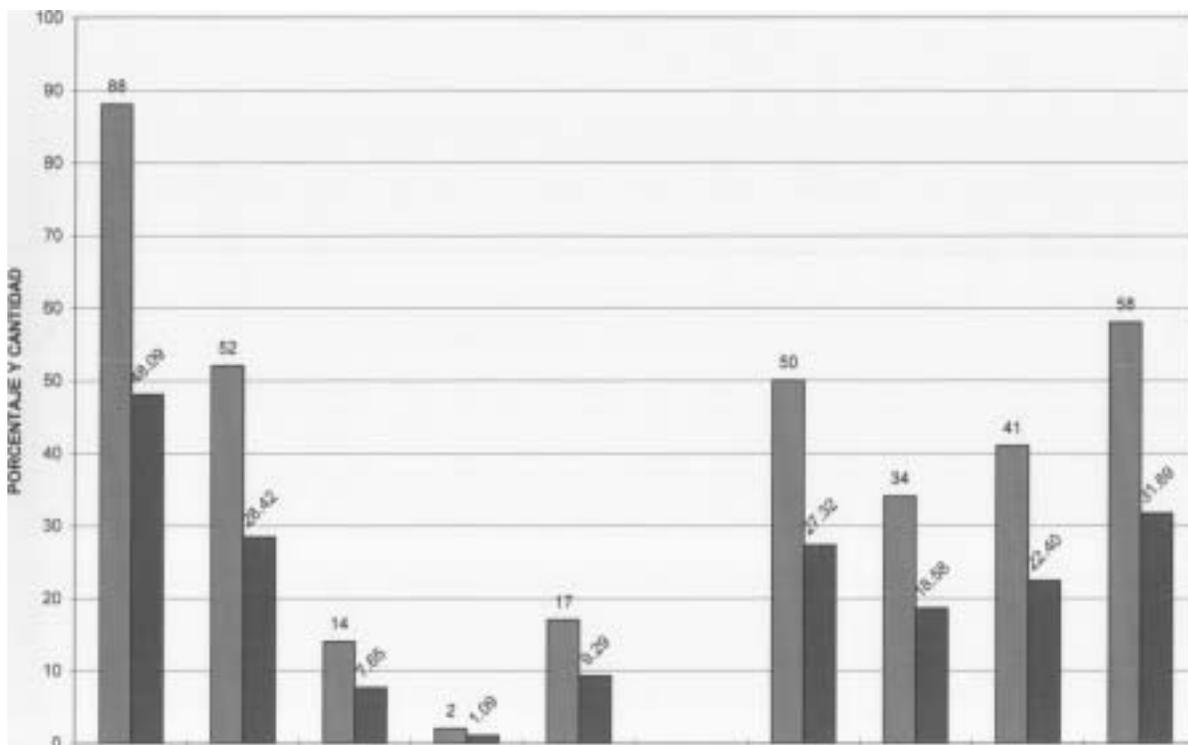


Tabla 8. Grados de daño en la zona de dunas, frecuencia total y porcentaje promedio de la población

La mayor parte de las plantas de esta zona (Tabla 8) presentaron daño escaso (alrededor de un cuarto de la población) o nulo (más de un tercio). Entre éstas, fueron comunes las plántulas, las juveniles y algunas adultas jóvenes protegidas. En cambio, entre las fuertemente dañadas (más de un quinto) fueron comunes las plantas adultas no protegidas por la vegetación. Aquellas con daño intermedio (alrededor de un sexto) fueron excepciones entre los grupos anteriores.

Las plantas de la zona de sabana crecían, en su mayoría, protegidas bajo el dosel del palmar-encinar. Los daños que evidenciaban se reducían a la herbivoría y a la competencia, además de unos pocos casos de daño por el viento y por tránsito (Gráfica 25 y Tabla "Categorías de Daño: Tipo y Grado" del Anexo IV). Tanto en frecuencia como en magnitud los daños fueron menores que los de las poblaciones de la playa y de las dunas. Dado que la muestra de la sabana no es representativa nos abstuvimos de hacer estimaciones poblacionales.

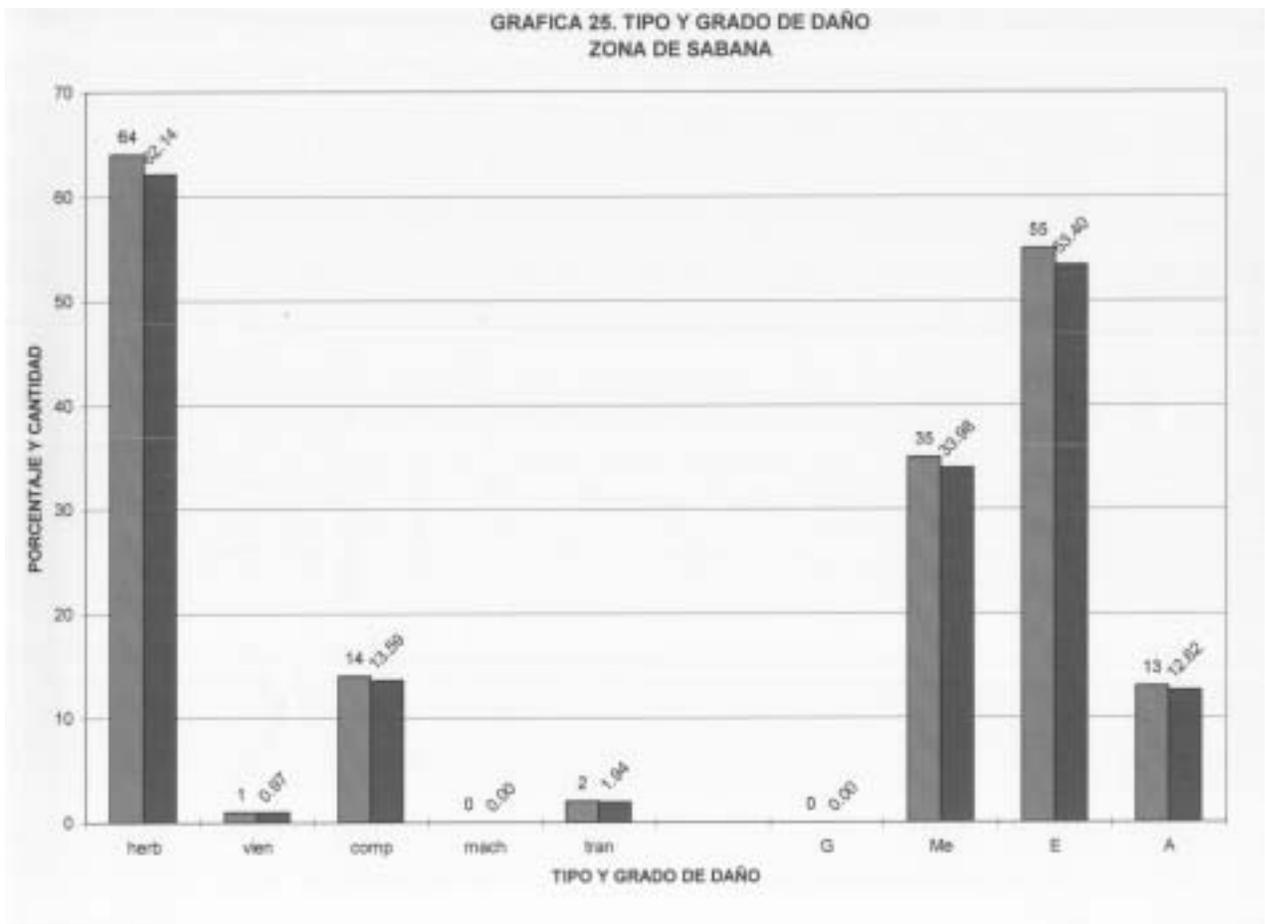
Todos estos datos, si bien dan una idea general de las tendencias en el tipo y grado de daño sufrido por las plantas en cada zona, no permiten reconocer sus consecuencias en la supervivencia y la reproducción, tanto en un sentido inmediato por *efectos* directos como en un sentido de largo plazo por daños acumulados. Para ello se requiere un estudio mucho más duradero que el presente. No obstante, de alguna manera confirman lo que hemos dicho varias veces a lo largo del capítulo de Resultados, que las plantas de las dunas de tierra adentro tienen una existencia más incierta y con más riesgos que las de la playa. Esto se nota en las tendencias

de la estructura de la población: en las dunas predominan ampliamente los adultos jóvenes (de una corona) e indeterminados, *lo cuales quizá aún no* alcanzan la edad de la primera reproducción; sin embargo ahí también habitan los individuos más longevos o, por lo menos, los más ramificados, pero -en contraparte-éstos se hallan más bien aislados, como si fueran sobrevivientes a una mortandad generalizada de la población menos ramificada. En cambio, en la playa, aunque también predominan *los* adultos jóvenes e indeterminados, lo hacen en menor proporción que en las dunas, pues tienen mayor abundancia relativa los adultos sexuales y los longevos, los que -por cierto- son más numerosos pero aparentemente menos longevos que los de las dunas.

Aquí queremos llamar la atención sobre un elemento clave que distingue a los longevos y que seguramente les permite permanencia por largo tiempo: el tamaño del tallo. El tallo concentra múltiples recursos de reserva; mientras más grande es, más reservas tiene. Esas reservas permiten a cada individuo no solo cumplir cabalmente el ciclo vital, sino tolerar adversidades potencialmente mortales. Dado el hábitat fuertemente restrictivo de la playa y las dunas, los recursos en reserva presentes en el tallo normalmente están muy comprometidos en todos o la mayoría de los cuatro aspectos básicos del ciclo vital: mantenimiento, crecimiento, defensa y reproducción. También se pueden usar en contingencias (véanse las Figuras 69 y 70), con tal que las mayores contingencias no ocurran cada año, ni mucho menos que dejen de ser eventos y se vuelvan condiciones constantes, o que no se presenten en los momentos de mayor susceptibilidad para la planta, o que por lo menos sean a una frecuencia tal que permita alternar períodos favorables y desfavorables. Sin embargo, el uso de los recursos de reserva no es gratuito, tiene un costo que se expresa en la disminución de uno o todos los componentes del ciclo vital,

dependiendo del tipo, intensidad y frecuencia de la contingencia. Así, mientras más grande sea el tallo, mayores son las probabilidades de sobrevivir a un ambiente pasajeramente adverso. Esto conduce a una relación que se potencia a sí misma: una vez alcanzado cierto tamaño del tallo, lo cual se logra con los años de acumular recursos, el individuo se vuelve más tolerante a las fluctuaciones ambientales y, en consecuencia, puede crecer más, si bien las fluctuaciones ambientales no le deben hacer decrecer significativamente sus reservas.

Grado de daño	Grande	Mediano	Escaso	Ausente
Frecuencia	50	34	41	58
$\mu$	21.53 %	16.15 %	23.58 %	38.74 %
$\sigma_p$	23.24	8.09	10.23	20.86



## CONCLUSIÓN

*Zamia furfuracea* se distribuye actualmente en un *pequeño* sector del hábitat costero con suelos arenosos del centro-sur del estado de Veracruz. Habita desde la tercera franja de plantas sucesionales después de la zona de influencia de mareas a la orilla del mar, hasta donde le permita el hábitat de dunas. Ocupa la margen litoral existente entre playa La Nea, frente al *ejido* Ciénega del Sur, municipio de Alvarado, y punta Zapotitlán, en el municipio de Pajapan, y se extiende tierra

adentro en el sistema de dunas existente entre playa La Nea y punta Puntillas, el cual se interna de 1 a 7 Km en los territorios de los municipios de Alvarado, Lerdo de tejada y Ángel R. Cabada. Algunos ejemplares habitan en acantilados rocosos, pero su número presumir que aportan poco a la población; además, el hábitat no sólo las protege, sino también las aísla y hace que se pierda prácticamente la totalidad de sus semillas pues éstas, como se dispersan mayormente por autocoría, caen al mar o en sitios donde no pueden germinar.

La existencia de algunas plantas *fuera* de estos límites en la costa deviene mayormente de remanentes de una distribución más amplia en el pasado, distribución que ha ido en un decremento *tan progresivo* y seguro que esas plantas han de considerarse prácticamente perdidas o insignificantes para el reclutamiento y la dinámica del resto de la población por su muy baja

densidad. Por el contrario, la existencia de plantas en las dunas de tierra adentro en los bordes de fragmentos de vegetación donde normalmente no se le encuentra (*selvas bajas* y medianas), habla de prolongaciones de la población hacia hábitats que pueden ser ocupados por expansión oportunista cuando son perturbados sin ser arrasados.

Considerando que la especie desaparece del todo en el interior de vegetación con dosel relativamente alto y denso (como el de selvas bajas y medianas), es posible afirmar que el principal factor limitante para el establecimiento de las plantas y la expansión de la población *es la* disponibilidad de luz. El segundo factor limitante quizá sea la cantidad de agua en el sustrato, dado que se trata de una especie adaptada a condiciones particularmente desecantes en un ámbito azotado constantemente por el viento y carente de agua en el suelo la mayor parte del año. Todo ello hace que la especie se distribuya en suelos arenosos, los cuales típicamente tienen buen drenaje y son ocupados por vegetación achaparrada y relativamente poco densa, pero que también típicamente sustentan hábitats con gran mosaicismo donde las condiciones de supervivencia son muy duras, donde los recursos de todo tipo (excepto la energía solar) son pocos, fugaces, generados a baja velocidad o distribuidos muy desigualmente en el espacio y el tiempo.

Los paisajes más propicios para el encuentro de estas plantas son el matorral abierto y chaparro (de hasta 1.5 m de altura) de la margen costera y los bordes de fragmentos de vegetación más alta de las dunas de tierra adentro. También es posible encontrar plantas aisladas en pastizales abiertos, que no son escasas, pero su ocurrencia es impredecible.

La especie ha desaparecido de importantes sectores de su zona de distribución, de modo que es alta la probabilidad de no encontrarla en sitios elegidos al azar. La mayor razón de esta desaparición es la fragmentación y transformación del hábitat por la ganadería extensiva, cuyo avance y mantenimiento exige la destrucción de la cubierta vegetal *de* matorrales que sirven de refugio a la especie ante factores adversos del clima (viento, insolación) y de las prácticas productivas (fuego). Las causas inmediatas son la acción

directa e intencional del hombre (o sea, por erradicación), el pisoteo del ganado, las quemas agropecuarias y el gradual deterioro ambiental de los médanos a consecuencia de la deforestación y el pastoreo. Además, la situación es agravada por la extracción clandestina de estructuras reproductoras con fines comerciales, con lo que no sólo se disminuyen las oportunidades de reclutamiento, sino también se contribuye al deterioro del hábitat natural. Es de suponer que la prolongada exposición de las plantas a semejantes adversidades *acelera* su senescencia y las conduce progresivamente a *la muerte*.

En la zona de playa es donde los individuos y la población se ven más sanos, no obstante, siendo de propiedad federal, la especie encuentra amenazas para su existencia por la invasión ilegal de la ganadería. Pero las amenazas mayores se encuentran en las dunas; ahí las plantas son más numerosas y entre ellas se encuentran los individuos más longevos, pero la mayoría no parece poder *llegar a* edades adultas y la contribución de la población en general a la reproducción es muy baja.

Se desconoce la duración del ciclo reproductor en los individuos de *cada sexo*. Entre las plantas en producción de estructuras reproductoras, los individuos de ambos sexos se encuentran en relativa igualdad numérica, si bien difieren en la estructura de edades, pues en los machos predominan los más longevos y en las hembras las de edades bajas y medias. Sin embargo, en la inmensa mayoría de las plantas el sexo es indeterminable debido a la ausencia de estructuras reproductoras, lo que encierra un enigma que es necesario resolver para determinar verdaderamente la relación numérica de los sexos y la estructura de edades de la población. Podría ser que en el ciclo reproductor de las hembras hubiera períodos refractarios, lo que haría que su ciclo fuera más largo que el de los machos, e implicaría en primer lugar que en los indeterminados hay hembras en refracción reproductora y, en segundo lugar, que los machos son menos numerosos que las hembras en una proporción similar al número de hembras sexualmente maduras en refracción. También podría ser que tales plantas aún no alcanzaran la edad de la primera reproducción, lo que indicaría un notable sesgo hacia la población más joven y, por ende, una precaria situación en la que hay un cuello de botella en la población que hace que muy pocos individuos logren llegar a un estado de madurez sexual que les permita hacer aportaciones importantes para un mantenimiento y crecimiento sano de la población. Igualmente podría ser que hubiera una mezcla de plantas que se reproducen anualmente por diversos mecanismos de utilización de recursos almacenados en el tallo, junto con individuos que alternan años de reproducción con años de refracción reproductora; a la vez habría entre las plantas de sexo indeterminado una mezcla de individuos de varias edades y estados reproductivos, pero con predominio de los más jóvenes.

Las anteriores consideraciones son importantes para determinar la capacidad de permanencia de la población, que por ahora no parecen prometedoras, ya que todo sugiere que comparativamente pocos individuos se están reproduciendo y, en adición, sus producciones de semillas sufren una merma considerable cada año en virtud del saqueo ilegal de conos. El grupo de los adultos con identidad sexual indeterminada es demasiado grande; es probable que ahí se encuentren los individuos con el mayor potencial reproductor futuro de la población (adultos vigorosos con tallos grandes bien abastecidos de recursos en reserva, de edades medianamente maduras con tres a seis ramificaciones), pero es más

probable que la mayoría de ellos no logren llegar a esos estados o edades. Y es que el grueso de la población se encuentra entre adultos jóvenes (menores a 10 años de edad), caracterizados por la presencia de una sola corona de frondas, los cuales son más susceptibles a las condiciones adversas derivadas de la perturbación antrópica y las fluctuaciones climáticas. No son raros los individuos muy grandes o longevos (con más de seis coronas), que son los más tolerantes a las condiciones adversas, pero generalmente son poco productivos y tienden a ser escasos y aislados. Así, aparentemente la causa de mayor mortandad de los individuos ya establecidos es la progresiva pérdida de vigor por daños originados directamente por el hombre o derivados del manejo agropecuario del hábitat.

Por otro lado, el reclutamiento en la población en general es extremadamente bajo, a pesar de que el potencial reproductor es elevado, lo que sugiere una elevada mortandad entre plántulas y juveniles. La cosecha ilegal de conos femeninos tiene impacto negativo importante en este aspecto, pero es aún mayor el causado por la intensificación de los factores restrictivos a causa de la fragmentación y transformación del hábitat, ya que propicia la muerte temprana por sequía, fuego y pisoteo, principalmente, de los individuos más jóvenes. La menor representación de plántulas que de juveniles en el muestreo en general quizá se debió a la calamitosa incidencia durante los dos años de la investigación de sequías intensísimas y prolongadas seguidas de tormentas tropicales con fuertes vientos y lluvias torrenciales derivadas de los fenómenos climáticos globales de El Niño y La Niña.

Todo ello confirma la sospecha de que la especie se encuentra en peligro de extinción, por lo que es necesario ejercer un manejo para su recuperación y conservación. Así, considerando que hay agudos problemas en la reproducción y el reclutamiento, sería necesario repoblar con individuos maduros cultivados en viveros diversos sitios de matorrales de playas y dunas. Igualmente sería necesario hacer efectivas las leyes de uso restringido de la zona costera de propiedad federal. Así mismo es obligado disminuir la presión extractiva de plantas y semillas silvestres, primero, mediante el cumplimiento auténtico, cabal y sistemático de las leyes de protección de la vida silvestre, y después, mediante el mejor control de recolectores viveristas legales para limitar las cuotas de extracción a 50 % de la producción de conos (uno cono de cada dos que se encuentre en el campo, lo cual dejaría el potencial de producción de plántulas en un 25 %, según el experimento de germinación) y para hacerlos devolver al medio natural una fracción de las plantas cultivadas, quizá el 10 % de cada cohorte. De igual modo es necesario ampliar la investigación para superar rezagas y lagunas de ignorancia sobre el ciclo reproductor y la estructura de edades de la población. Por último, sería oportuno establecer una zona de reserva que permita tener plantas adultas reproductoras que sirvan como fuentes de germoplasma, a la vez que *se realiza* investigación sobre la dinámica de la población y de la comunidad.

Al hacer las consideraciones de una zona de reserva para *Z. furfuracea* no se ha de pensar en un lugar totalmente protegido, sino en un lugar donde de donde se han segregado las prácticas productivas más dañinas. A pesar de las múltiples fuentes de amenazas para la zamia en el ambiente fragmentado actual,

existen condiciones favorables para el crecimiento de la población que sería necesario sostener con vistas a un manejo conservacionista. En las dunas parecen abarcarse todas las posibilidades positivas y negativas: mayores opciones para la dispersión y contingencias de todo tipo, intensidad y frecuencia, lo que *mantiene* a la población presente y hasta abundante, e incluso con los individuos más longevos, pero también la mantiene con predominio de los individuos o de las condiciones que aportan poco o nada a la propagación de la especie. En cambio, en la playa parece haber menos opciones para la dispersión y mayor impacto de contingencias de origen climático, pero ahí la población se halla más sana y con más posibilidades de supervivencia. Quizá sería el ideal para el manejo conservacionista de la especie una combinación de los factores favorables para la supervivencia de la playa, por un lado, y, por otro, para la dispersión y mayor longevidad de las dunas. Es decir, podría pensarse en una zona de reserva que incluya un sector de playa y uno de dunas, donde podría existir un número limitado de animales de *pastoreo o bien* donde se excluyan tales animales pero se impida la completa cerrazón de la vegetación.

La presente investigación reveló aspectos importantes de la demografía de *Z. fárfuracea*. Es como haber tomado una fotografía codificada de la situación actual de la población, y como tal es muy reveladora. Sin embargo, el trabajo reveló también que es necesario mejorar la resolución de la imagen mental que la investigación provoca. Esta mejor resolución provendrá de una mayor y más fina estratificación de los muestreos para determinar los sitios donde la especie habita efectivamente y particularizar las condiciones de supervivencia y reproducción de cada sector ecológicamente o demográficamente distinto. También se hizo evidente la escasa o nula información relevante para la comprensión de la situación en el campo acerca de la biología en general y en especial de la historia de vida, de la esperanza de vida y del ciclo reproductor de las Cycadales, pero en particular de *ZZ furfuracea*. *De igual modo resaltó* la escasa información existente sobre la ecología de las dunas costeras y otros hábitats relacionados de Veracruz.

En la zona de distribución de la planta se vivió un auge en el interés para conocerla mejor, cultivarla y comercializarla. Este interés ha decaído por modificaciones de las características del mercado internacional. Ahora se vive una especie de esperanza atemperada entre viveristas que la cultivan con fines comerciales; se espera el momento de poder hacer grandes ventas o, por el contrario, de buscar otras opciones. En medio de este escenario *Z furfuracea* hace esfuerzos por sobrevivir y nosotros por conocerla y conservarla. Esperamos que cada cual logre sus objetivos y que todo ello redunde en beneficio no solo de las personas, sino también de la vida silvestre.

Por último es necesario advertir que hemos excluido de las consideraciones anteriores a la población ubicada en la zona sabanera con entinares y palmares alrededor del poblado de Rincón de la Palma, municipio de Alvarado, porque durante la investigación no obtuvimos resultados verdaderamente analizables. Se trata de plantas muy impactadas por la perturbación del hábitat a causa de la ganadería extensiva, al grado que no pudimos estudiarlas bajo el esquema metodológico propuesto para la presente investigación. Con todo, lo visto fue suficiente para suponer que la población

en el pasado fue mucho más abundante y estuvo mucho más extendida que en el presente. Estas plantas muestran un morfo y una conducta ecológica tan diferente al morfo típico de *Z. furfuracea*, que ha de suponerse, por lo menos, que conforman una población señera proveniente de un ecotipo adaptado a un hábitat con mucha mayor disponibilidad de agua. Pero esta consideración mínima no parece ser la más acertada, pues las diferencias en realidad son más de facto que de grado. En comparación con el morfo típico, tiene menos frondas, las cuales son más bien cortas; los foliolos menos numerosos y más alargados; los tallos (muy parecidos a los de *Z. loddigesii*) son más delgados, muy rara vez ramificados y completamente subterráneos, y aparentemente no toleran la exposición directa al sol,

dado que se desarrollan con vigor dentro de manchones de vegetación arbolada con dosel cerrado (mientras que *Z. furfuracea* es francamente heliófila) y, por el contrario, se ven muy disminuidos cerca de los bordes de tales manchones y están prácticamente ausentes de los pastizales. Además, el paisaje donde habitan es muy diferente a los típicos de la costa, pues es más umbroso y húmedo, y está dominado por entinares y palmares; el sustrato que ocupan es de tierra arcillosa que en la temporada de lluvias se satura de agua hasta el anegamiento y ocasionalmente llega a inundarse. Así, parece más conveniente pensar en un híbrido (tal vez de *Z. furfuracea* X *Z. loddigesii*) o una especie no descrita actualmente, situaciones ambas que no son raras en las Cycadales. Su estudio no debiera dejarse hasta encontrar una mejor ocasión, sino que ha de hacerse lo más pronto posible; la representación actual en pequeños relictos hace extremadamente urgente determinar su identidad taxonómica, su estatus de conservación y las prácticas de manejo que es necesario implementar para disminuir las amenazas que se ciernen sobre la población.

#### BIBLIOGRAFÍA

Chamberlain, C. J. 1919. The Living Cycads. Hafner Publishing Co. New York. Daniel, W. W. 1987. Bioestadística. Uteha-Noriega Editores. México.

Emiliani, G. 1966. Paleotemperature analysis of caribbean cores P-6304--8 and P-6304-9 and a generalized temperature curve for the past 425,000 years. Journal of Geology 74(2): 109-124.

García, E. 1970. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Káppen. Ofset Larios. México.

Grilli Caiola, M. 1990. Structural arrangement of phycobionts in coralloid roots of cycads. Pp. 94-103 in: Stevenson, D. W. (ed.). The Biology, Structure, and Systematics of the Cycadales. Mcm. New York Bot. Gard., Vol. 57. New York.

Grobet, R. 1982. El Peregrinar de las Flores Mexicanas. José Mariano Mociño y Losada (1757-1822). Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Continental y CECSA. México.

Guzmán, S. y G. Castillo Campos. 1989. Uso del suelo en Veracruz, Extensión 32: 31-35.

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 1981. Carta Topográfica 1:50,000. La Perla del Golfo E1 5 A64. INEGI. Aguascalientes, México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 1982a. Carta Topográfica 1:250,000. Coatzacoalcos E15-1-4. Secretaría de Programación y Presupuesto. México. INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 1982b. Carta Topográfica 1:50,000. La Nueva Victoria E15 A63. Secretaría de Programación y Presupuesto. México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 1983. Carta Geológica 1:250,000. Coatzacoalcos E1 5-1-4. Secretaría de Programación y Presupuesto. México. INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 1984a. Carta Uso del Suelo y Vegetación 1:250,000. Secretaría de Programación y Presupuesto. México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 1984b. Carta Topográfica 1:50,000. Antón Lizardo E15 A41. Secretaría de Programación y Presupuesto. México. INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 1984c. Carta Topográfica 1:50,000. Alvarado E1 5 A51. Secretaría de Programación y Presupuesto. México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 1984d. Carta Topográfica 1:50,000. Mixtequilla E1 5 A61. Secretaría de Programación y Presupuesto. México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 1984e. Carta Topográfica 1:50,000. San Juan Volador E15 A74. Secretaría de Programación y Presupuesto. México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 1984f. Carta Topográfica 1:50,000. Lerdo de Tejada E15 A62. INEGI. Aguascalientes, México.
- INEGI (Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática). 1984d. GEMA. Geomodelos de Altimetría del Territorio Nacional (CD-ROM). INEGI. Aguascalientes, México.
- INEGI (Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática). 1993. Espaciomapa Coatzacoalcos E1 5-1-4. INEGI. Aguascalientes, México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 1997. Carta Topográfica 1:250,000. Coatzacoalcos E1 5-1-4. 2'. ed. INEGI. Aguascalientes, México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 1998. Carta Topográfica 1:50,000. Coatzacoalcos E15 A85. 2'. ed. INEGI. Aguascalientes, México.
- Jones, D. L. 1993. *Cycads of the World. Ancient Plants in Today's Landscape*. Smithsonian Institution Press. Washington.
- Lindblad, P. & B. Bergman. 1990. The cycad-cyanobacterial symbiosis. Pp. 137-159 *in*: Raid, A.N. (ed.). *CRC Handbook of Symbiotic Cyanobacteria*. CRC Press. Boca Raton, USA.
- López Ramos, E. 1981. *Geología de México*. Vol. III. 2a. ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Moreno Casasola, P. 1982. *Ecología de la vegetación de dunas costeras: factores físicos*.

Biótica (INIREB, Xalapa, México) 7(4): 577-602.

Moreno Casasola, P. 1994. Dunas y playas de Veracruz: posibilidades, problemáticas y perspectivas. P.P. 21-30 in: G. Castillo Campos y M. T. Mejía Sanchez (Eds.). Problemática Ambiental del Estado de Veracruz: Los Recursos Vegetales. Colegio Profesional de Biólogos del Estado de Veracruz, Gobierno del Estado de Veracruz y Universidad Veracruzana. Xalapa, México.

Moreno Casasola, P.; E. Van der Maarel, S. Castillo, M. L. Huesca & I. Pisanty. 1982. Ecología de la vegetación de dunas costeras: estructura y composición en El Morro de La Mancha, Ver. 1. Biótica (INIREB, Xalapa, México) 7(4): 491-526.

Norstog, K. J & P. K. S. Fawcett. 1989. Insect-cycad symbiosis and its relation to the pollination of *Zamia furfuracea* (Zamiaceae) by *Rhopalotria mollis* (Curculionidae). Amer. J. Bot. 76(9): 1380-1394.

Odum, E. P. 1972. Ecología. 3ra ed. Interamericana. México.

Ríos McBeth, F. 1952. Estudio Geológico de la Región de Los Tuxtlas, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. México. Robles, P.; J. de la Maza & F. Eccardi. 1988. Tierra del Quetzal y del Jaguar. Su Historia Natural.

Colección Editorial de Arte Chrysler. Chrysler de México. México. Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México.

Siniscalco Gigliano, G. 1990. Chemotaxonomic significance of MAM glycosides and mucilages in cycads. Pp. 123-131 in: D. W. Stevenson (ed.). The Biology, Structure and Systematics of the Cycadales. Mem. New York Bot. Gard., Vol. 57.

Stevenson, D. W. 1992. A formal classification of the extant cycad. Brittonia 44(2): 220-223.

Toledo, V. M. 1976. Los Cambios del Pleistoceno y Sus Efectos Sobre la Vegetación Tropical Cálida y Húmeda de México. Tesis de Maestría en Ciencias (Biología), Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Torres Hernández, L. & A. Smith Portilla. 1999. Capítulo II. Humedal de Alvarado: aspectos físicos regionales. P.P. 19-45 in: S. M. Vázquez Torres (editor). Biodiversidad y Problemática en el Humedal de Alvarado, Veracruz, México. Universidad Veracruzana. Xalapa, México.

Torres Hernández, L. & H. Barney Guillermo. 1999. Capítulo III. Humedal de Alvarado: aspectos socioeconómicos. P.P. 46-63 in: S. M. Vázquez Torres (editor). Biodiversidad y Problemática en el Humedal de Alvarado, Veracruz, México. Universidad Veracruzana. Xalapa, México.

Torres Hernández, L., M. Vázquez Torres, J. A. Alejandro Rosas & H. Barney Guillermo. 1999. Las plantas silvestres del humedal de Alvarado y el uso sustentable de los recursos: un ejemplo. Pp. 115-138 in: M. Vázquez Torres (editor). Biodiversidad y Problemática en el Humedal de Alvarado, Veracruz, México. Universidad Veracruzana. Xalapa, México.

Vázquez Torres, M, J. A. Alejandro Rosas & H. Barney Guillermo. 1999. Humedal de

Alvarado: aspectos vegetacionales. Pp. 64-87 in: S. M. Vázquez Torres (Ed.). Biodiversidad y Problemática en el Humedal de Alvarado, Veracruz, México. Universidad Veracruzana. Xalapa, México.

Vovides, A. P. 1986. Trade and Hábitat Destruction Threaten Mexican Cycads. Traffic (World Wildlife Fund, Washington) VI(4): 13.

Vovides, A. P. y C. M. Peters. 1987. *Dioon edule*: la planta más antigua de México. Ciencia y Desarrollo (Conacyt, México) 73:19-24.