

Informe final* del Proyecto Q039
**Aprovechamiento sustentable y conservación de la palma bola (*Zamia furfuracea*),
especie endémica protegida, en la zona de Los Tuxtlas, Veracruz**

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, ltorres@uv.mx
Teléfono/Fax: (228) 841 8900 Ext. 13418, 841 8910; Fax: 841 8911
Fecha de inicio: Agosto 14, 1998
Fecha de término: Abril 4, 2000
Principales resultados: Informe final, Hoja de cálculo

Forma de citar el informe final y otros resultados:** el Vázquez Torres, M. y L. Torres Hernández., 2001. Aprovechamiento sustentable y conservación de la palma bola (*Zamia furfuracea*), especie endémica protegida, en la zona de Los Tuxtlas, Veracruz. Universidad Veracruzana. Instituto de Investigaciones Biológicas. **Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. Q039.** México D. F.

Forma de citar hoja de cálculo: Vázquez Torres, M. y L. Torres Hernández., 2001. Aprovechamiento sustentable y conservación de la palma bola (*Zamia furfuracea*), especie endémica protegida, en la zona de Los Tuxtlas, Veracruz. Universidad Veracruzana. Instituto de Investigaciones Biológicas. **Hoja de cálculo SNIB-CONABIO proyecto No. Q039.** México D. F.

Resumen:

Zamia furfuracea es una planta silvestre tropical mexicana del grupo conocido comúnmente como cícadadas. Es endémica a la zona litoral Sur del estado de Veracruz. Habita en dunas costeras o sus cercanías, en hábitats dominados por matorrales o vegetación similar no mayor a 3 m de altura en palmares y encinares costeros. Posee alto valor comercial como planta ornamental, especialmente en Estado Unidos y Europa. Saqueadores ilegales de plantas y semillas han alimentado este mercado y han disminuido drásticamente la población salvaje. Además, la extensiva conversión del hábitat natural en pastizales ganaderos, ha agravado la situación. Así, se le considera amenazada (categoría A) dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994, y se encuentra listada en el Apéndice I del Libro Rojo de CITES. Recientemente, viveristas ejidales, utilizando la producción semillera silvestre, han iniciado un intento de lograr una comercialización legal y controlada, con vistas en la explotación sustentable de la especie. Sin embargo, sin datos sobre las verdaderas existencias de plantas en el medio natural, esta explotación, aunque bien intencionada, parece tender a agravar la situación de la especie. El proyecto de investigación que ahora se reporta fue dedicado al inventario de las existencias de esta especie en dominios de cada cooperativa productora de la zamia, así como su potencial para la producción de semillas. La idea fue ofrecer un respaldo científico para tomar decisiones oficiales respecto al manejo conservacionista de la planta. El estudio de campo denotó un amplio predominio de población adulta, en especial de individuos longevos muy ramificados, la cual sobrevive en ambientes marginales; y un saqueo prácticamente total de estructuras reproductoras femeninas y masculinas. Lo más evidente que indican estos resultados es el escaso reclutamiento de la población; prácticamente la totalidad de nuevos individuos se pierde por el saqueo de conos; las pocas plantas inmaduras observadas fueron las provenientes de conos que escaparon a la cosecha. La bajísima cantidad registrada de conos (7) no permitió hacer un análisis estadístico inferencial sobre la potencialidad reproductora de la población; no obstante, dado que nuestra experiencia indica que la viabilidad de las semillas suele ser muy alta (superior al 90%) (M. Vázquez-Torres, datos no publicados), tal vez sería suficiente dejar alrededor del 10 % de los conos silvestres para permitir un reclutamiento efectivo. Al contrario de lo que ocurre en las plántulas y los juveniles, parece haber condiciones para la sobrevivencia de

los individuos longevos; en ellos, los mayores daños fueron causados por fenómenos naturales (viento y herbivoría); las plantas más dañadas fueron las más expuestas, sin embargo el daño por estos agentes tendió a ser de escaso a mediano (hasta 40 % del follaje), aunque generalizado (ca. 90 % de la población) y presumiblemente persistente. Dadas la mayor talla de los machos y la mayor ramificación que las hembras, aparentemente éstos tendieron a ser más longevos que las hembras; además, por razones desconocidas machos y hembras tienden a formar agregaciones separadas. A pesar de ello, se contaron casi iguales números totales de machos y hembras adultas. La investigación hizo evidente que se requiere ampliar el trabajo de investigación *in situ*, especialmente dirigido a la descripción y determinación de los estados que guardan la estructura y composición demográfica básica de la población. Igualmente puso en evidencia que urgen medidas de control del saqueo, de aplicación de la ley y vigilancia de su correcta instrumentación.

- * 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
- ** 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 INVESTIGACION
CON APOYO FINANCIERO DE LA CONABIO**

Número de referencia del proyecto en la CONABIO: Q039

Proyecto: Aprovechamiento sustentable y conservación de la palma bola (*Zamia furfuracea*), especie endémica protegida, en la zona de Los Tuxtlas, Veracruz

Responsables del proyecto:

M. en C. Mario Vázquez Torres (e-mail: mvazquez@bugs.invest.uv.mx)
M. en C. Leonel Torres Hernández (e-mail: ltorres@bugs.invest.uv.mx)

Colaborador: Biól. Luis Hermann Bojórquez Galván

Institución solicitante: Instituto de Investigaciones Biológicas,
Universidad Veracruzana
Avenida Dos Vistas s/n
Km 2.5 de la carretera Xalapa – Veracruz
Apartado Postal 294
91000 Xalapa, Veracruz, México
Teléfono y Fax: (2)8125757

Fecha: 21 de mayo de 1999

Firmas de los responsables del proyecto:

Mario Vázquez Torres

Leonel Torres Hernández

APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE Y CONSERVACIÓN DE LA PALMA BOLA (*ZAMIA FURFURACEA*), ESPECIE ENDÉMICA PROTEGIDA, EN LA ZONA DE LOS TUXTLAS, VERACRUZ

Mario Vázquez Torres, Leonel Torres Hernández y Luis Hermann Bojórquez Galván
Instituto de Investigaciones Biológicas, Universidad Veracruzana
Apartado Postal 294. 91000 Xalapa, Veracruz, México

INTRODUCCIÓN

Zamia furfuracea es una planta silvestre tropical mexicana del grupo conocido comúnmente como cíadas. Es una especie endémica que se distribuye en una estrecha zona litoral del estado de Veracruz. Se le considera amenazada (categoría "A") dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994. Por lo mismo, se encuentra listada en el Apéndice I del Libro Rojo de CITES.

La planta habita especialmente en dunas costeras o sus cercanías, en hábitats dominados por matorrales o vegetación similar no mayor a 3 m de altura. Éstos son ámbitos donde la frontera agrícola ha avanzado a pasos agigantados en los últimos años, especialmente por ganadería extensiva. Es decir, se trata de hábitats que tienden a ser disturbados o totalmente transformados por actividades antrópicas.

La especie es explotada comercialmente por su valor comercial como planta ornamental, especialmente en mercados de Estado Unidos y Europa. Saqueadores ilegales de plantas y semillas han alimentado este mercado y han disminuido drásticamente la población salvaje.

Recientemente, viveristas ejidales, utilizando la producción semillera silvestre, han iniciado un intento de lograr una comercialización legal y controlada, con vistas en la explotación sustentable de la especie. Sin embargo, sin datos sobre las verdaderas existencias de plantas en el medio natural, esta explotación, aunque bien intencionada, parece tender a agravar la situación de la especie.

El proyecto de investigación que ahora se reporta fue dedicado al inventario de las existencias de plantas de *Z. furfuracea* en dominios de cada cooperativa productora de la zamia, así como su potencial para la producción de semillas. La idea fue ofrecer un respaldo científico para tomar decisiones oficiales respecto al manejo conservacionista de la planta.

OBJETIVOS

1. Reconocimiento de la estructura poblacional de *Z. furfuracea* (adultos, jóvenes, plántulas y semillas) en su área de distribución natural.
2. Determinación y delimitación con mejor fundamento, de las extensiones de las áreas semilleras, en función de sus existencias poblacionales, para cada agrupación de viveristas.

METAS

1. Registrar, analizar y valorar 20 muestras de 400 m² cada una, proveniente de las áreas semilleras de cada agrupación de viveristas.
2. Evaluar la potencialidad productora natural.

3. Evaluar el porcentaje de la extracción semillera en cada área proveedora para viveristas específicos.
4. Reintroducir al hábitat natural y asegurar la supervivencia al menos de 4000 plantas obtenidas en vivero.

ANTECEDENTES

Dentro de la bien documentada información preexistente respecto a la riqueza de especies de flora vascular asentada en el territorio veracruzano, un grupo estudiado en sus aspectos fundamentales lo constituye el orden de las Cycadales, o cícadas. Son plantas gimnospermas de caracteres primitivos originadas hace alrededor de 200 millones de años (Vovides y Peters, 1987). De entre las gimnospermas vivientes, las cícadas constituyen presumiblemente el grupo más antiguo.

Las cícadas han sobrevivido hasta nuestros días de manera relictual, con pocas especies estrechamente restringidas geográficamente (Chamberlain, 1919), la mayoría distribuida en la franja intertropical del planeta. De la gran representatividad biológica pasada, en la actualidad sólo están catalogadas alrededor de 210 especies vivientes, incluidas en tres familias: Cycadaceae, Stangeriaceae y Zamiaceae.

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 Viejo como en el Nuevo Mundo. Contiene ocho géneros: *Encephalartos*, *Lepidozamia*, *Macrozamia*, *Microcycas*, *Chigua*, *Ceratozamia*, *Dioon*, y *Zamia*. Los últimos cuatro son exclusivos de América.

Por cuanto a las cícadas mexicanas, los géneros *Ceratozamia* y *Dioon*, excepto *Dioon mejiae*, son típicamente endémicos (95% de la riqueza cicadológica nacional). De hecho, el número de especies de cícadas en el país (alrededor de 45) tal vez sea la mayor del mundo. 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 y hasta la fecha se siguen describiendo nuevos taxa 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. *Zamia furfuracea* no es la excepción; es una especie amenazada de extinción por diversas presiones antropogénicas (Torres-Hernández *et al.*, 1999). Las causas son poblaciones escasas, destrucción del hábitat (talas, quemas, pisoteo por ganado, ampliación de campos agrícolas, urbanización, etc.) y saqueo y tráfico ilegal e inmoderado de plantas y semillas con fines comerciales. Además, la situación es agravada por el bajo nivel de vida de las comunidades rurales, la poca instrucción educativa y conservacionista en general, y la escasa información científica relativa a la biología reproductora de las especies.

Con base en los logros obtenidos, producto de 18 años de trabajo en el campo con las Cycadales nativas, el equipo de trabajo de la Universidad Veracruzana liderado por uno de los autores del presente proyecto (Mario Vázquez), y con el apoyo de la organización alemana GTZ, en 1990 inició un experimento de cultivo en vivero para la protección y el uso sostenible de plantas en peligro de extinción del estado de Veracruz. La *Zamia furfuracea* es el sujeto principal de dicho proyecto, el cual está dedicado a la conservación y manejo sustentable de las cícadas entre los pobladores que tienen contacto con estas plantas con la idea de incrementar el ingreso económico de

los habitantes de la localidad. El vivero, registrado en CITES, se estableció en el ejido de Ciénega del Sur, municipio de Alvarado, Ver., donde parece ser más activa la venta ilegal de plantas y semillas extraídas del medio natural.

Para lo anterior sirvió de base la experiencia lograda en Sudáfrica con el cultivo de diversas especies de *Encephalartos*, en China con *Cycas* y en Australia con *Lepidozamia* y *Macrozamia*. Los resultados conseguidos con *Z. furfuracea* fueron alentadores y respaldaron la posibilidad de reintroducirla al medio natural y explotarla comercialmente de manera sustentable. El ejemplo cundió en la zona entre campesinos que se organizaron en sociedades cooperativas de productoras de esta especie. Actualmente existen seis viveros debidamente registrados y especializados en la zamia; se encuentran ubicados en los municipios de Alvarado, San Andrés Tuxtla y Catemaco, en conjunto suman cerca de 300 socios, y poseen más de 30,000 plantas bajo cultivo. No obstante, los problemas para *Z. furfuracea* no han terminado, pues la fuente semillera de estos sistemas de explotación se encuentra en las plantas silvestres y, lamentablemente, esa misma fuente es utilizada por saqueadores ilegales. Entrambos grupos pueden arrasar la producción semillera de cada año (Figura 1), de manera que la cosecha puede interrumpir el reclutamiento natural, lo que agrava el estado de amenaza de extinción de la especie en el hábitat silvestre. Sin embargo, sin datos ecológicos de la población silvestre es difícil proponer medidas de protección y establecer acuerdos entre los productores. El presente proyecto intenta cubrir esa carencia.

ZAMIA FURFURACEA

Tal como sucede con la mayoría de las Cycadales, por sus frondas pinnadas a *Zamia furfuracea* el lego frecuentemente la identifica como una palma pequeña. Es por ello que recibe los nombres vulgares de “palmilla” y “palma bola”. Este último es en razón del tallo abultado, más ancho que largo, de los individuos maduros jóvenes.

Es una planta vascular semileñosa de apariencia herbácea (Figura 2). Es perenne (de edad máxima desconocida, quizá del orden de cientos de años), iterópara y dioica. La talla adulta promedio es de 80 cm de alto por 100 cm de radio en las partes emergentes del suelo.

El sistema radical es complejo. Está compuesto por una raíz principal axonomorfa, especializada en la penetración y fijación al substrato; raíces adventicias, con geotropismo negativo; raíces contráctiles, que funcionan como resortes y que anclan y profundizan al tallo raíces; raíces coraloides, especializadas en la asociación en pequeños nódulos con algas cianofíceas fijadoras de nitrógeno (pertenecientes a los géneros *Nostoc* y *Anabaena*) (Grilli Caiola, 1990; Lindlad y Bergman, 1990); y raíces tuberosas, con geotropismo positivo, especializadas en el almacenamiento de almidón (M. Y. Sánchez-Tinoco, comunicación personal).

El tallo es subterráneo, grueso, carnoso y de forma cilíndrica. Su diámetro es de alrededor de 15 cm, y alcanza longitudes mayores a 80 cm. Se ramifica progresivamente con la edad (Figura 3), tendiendo a formar individuos de numerosas coronas contiguas de follaje denso y entrelazado, por lo que en ocasiones es difícil distinguir a un conjunto de individuos distintos creciendo apretadamente (en masas densas de hasta 4 m² 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.

Las frondas son pinnadas (Figura 4). Están armadas con espinas escasas pero fuertes en el peciolo. Se disponen helicoidalmente en una corona apical de alrededor de 80–120 cm de diámetro promedio. Emergen en la estación seca (entre marzo y abril), y terminan de madurar tres meses

después, cuando alcanzan una longitud máxima de 40–60 cm si se encuentran expuestas al sol y 100–120 cm si se encuentran en un sitio medianamente umbroso. Cuando son tiernas son de color verde claro y están cubiertas de un indumento rojizo (el carácter furfuráceo indicado en el nombre de la especie), pero al madurar se tornan verde oscuro y glabras.

La producción de estructuras reproductoras, los estróbilos o conos, es anual. Estas estructuras consisten en el único medio práctico para determinar el sexo de los individuos. Emergen en mayo y maduran diferencialmente según su género: los masculinos (microstróbilos) (Figura 5) maduran entre junio y julio, alcanzando tallas promedio de 14–23 cm de largo con 4–6 cm de ancho; los femeninos (megastróbilos) (Figura 6) maduran entre diciembre y enero, alcanzando tallas promedio de 20–30 cm de largo con 8–10 cm de ancho. 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); se ignora la distancia máxima entre plantas macho y hembra en que puede ocurrir la polinización, pero se han observado hembras fertilizadas distanciadas más de 30 m del macho más cercano (G. Sánchez-Rotonda, comunicación personal).

Las semillas son pequeñas, de aproximadamente 0.6 cm de largo por 4 cm de ancho. Cada cono contiene entre 150 y 300 de ellas; con la producción de tres o cuatro conos se logra un kilogramo semilla seca. Antes de la dispersión se encuentran rodeadas por una cubierta de color rojo brillante, la sarcotesta, que contiene numerosas sustancias tóxicas defensivas (M. Y Sánchez-Tinoco, comunicación personal). Tienden a desprenderse al cabo de la maduración del megastróbilo, el cual se abre y deja expuestas las semillas (Figura 7). Según observaciones no sistemáticas realizadas por miembros de nuestro equipo de trabajo, las semillas podrían ser dispersadas tanto por autocoria (Figura 8) como por zoocoria (aves y cangrejos) (Figura 9). Una vez depositas en el suelo, no germinan inmediatamente sino hasta que el cuerpo del embrión se ha desarrollado (el tiempo necesario puede ser de más de seis meses), 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, protegidas contra la desecación.

Una vez germinados, los individuos permanecen como plántulas poco menos de dos años. La fase juvenil dura de dos a tres y medio años, al cabo de los cuales alrededor del 50 % de la población produce estructuras reproductoras. Es decir, la edad de la primera reproducción en la mitad de la población es de cinco años, aunque es posible ver reproduciéndose a individuos de 4 años. A los seis años de edad, la mayoría de las plantas ya ha pasado por su primera reproducción.

Como todas las cícadas, *Z. furfuracea* es una planta altamente tóxica (Siniscalco Gigliano, 1990). En consecuencia, los animales con los que mantiene interacciones ecológicas son poco diversos, altamente especializados y de distribución coincidente con la de esta especie u otras del mismo orden. Mantiene asociaciones de cooperación con algas fijadoras de nitrógeno, con polinizadores y con posibles dispersores de semillas. 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 minyas*, familia Lycaenidae) (Figura 10) y ocasionalmente por escarabajos minadores y defoliadores aparentemente de la familia Buprestidae (L. Torres-Hernández, datos no publicados).

La planta prospera en condiciones heliófilas en suelos arenosos, pobres y bien drenados, especialmente de dunas costeras (Figura 11), pero también puede sobrevivir en sitios arcillosos o rocosos y medianamente umbrosos. La vegetación a la que se asocia es de matorrales espinosos, encinares costeros abiertos y pastizales, en cambio tiende a ser excluida de mosaicos con selva baja caducifolia (L. Torres-Hernández, datos no publicados).

La especie es endémica a la zona costera del centro y Sur del estado de Veracruz (Figura 12). Se distribuye en la porción no anegable al Este del humedal de Alvarado, en donde se encuentra desde la línea de playa hasta 2 a 5 km tierra adentro. Es en esta zona en donde se encuentran las mayores concentraciones de individuos. También se le encuentra al pie de la serranía de Los Tuxtlas, donde ocupa el estrecho margen de vegetación costera y es menos numerosa. Esta área de distribución se alarga de forma progresivamente discontinua en la línea de playas de la sierra de Santa Marta, laguna del Ostión y alrededores de Coatzacoalcos, pudiendo llegar hasta el estado de Tabasco (es decir, hasta ahora se desconoce el límite Sureste de su distribución).

ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio se localiza en la margen costera del Sur del estado de Veracruz, México, entre los 18° 43' Latitud Norte con 95° 32' Longitud Oeste y los 18° 32' Latitud Norte con 94° 58' Longitud Oeste, a altitudes no mayores a 50 m. Incluye porciones de costa de los municipios de Alvarado, Lerdo de Tejada, Ángel R. Cabada, San Andrés Tuxtla y Catemaco.

La región se ubica dentro de la Provincia Fisiográfica de la Planicie Costera Suroriental de México (Rzedowski, 1978). Desde el punto de vista geológico la zona de estudio incluye dos provincias geológicas, la de Alvarado, que es una llanura con depósitos aluviales y arenosos, y la de San Andrés Tuxtla, que es un macizo montañoso de origen volcánico (Ríos Mcbeth, 1952).

El clima de la región es cálido y húmedo, de tipo Aw2(i') de acuerdo a la clasificación de Köppen modificado por García (1970). La temperatura media anual es de 28 °C, y la precipitación media anual es de 1925 mm. Las mayores precipitaciones se presentan en verano, aunque el aporte de humedad de las lluvias invernales es significativo.

Por la cercanía del mar, además de los vientos alisios cada año la zona está expuesta a tormentas tropicales, huracanes y nortes. En contraposición a los vientos húmedos, entre abril y mayo ocurren vientos altamente desecantes provenientes del Sur y Sudoeste, conocidos localmente como "suradas".

La vegetación regional está dominada por elementos florísticos neotropicales. En las localidades donde habita *Z. furfuacea*, estos elementos se organizan de manera notoria en mosaicos de muy diverso tamaño, composición y estructura, predominando los matorrales no mayores a tres metros de altura del tipo xerófilo, espinoso y de selva baja, además de pastizales. La especie en cuestión tiende a ocupar los márgenes con mayor probabilidad de exposición solar y menor alcance del fuego, del pisoteo del ganado y de la depredación humana.

La mayor actividad económica en toda la región, o al menos la que ocupa más espacio, es la ganadería extensiva de bovinos, cuyo avance es la principal causa de fragmentación, perturbación y transformación de la vegetación natural. Secundariamente se practica la agricultura y la 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. furfuacea*.

MÉTODO Y MATERIALES

El procedimiento para realizar la presente investigación se resume en los siguientes aspectos, los cuales se detallan más abajo:

- a) Selección de las localidades de muestreo.

- b) Establecimiento de los cuadros de muestreo.
- c) Registro de datos en cada uno de los sitios.
- d) Análisis y tratamiento de los datos.
- e) Preparación del reporte

En el protocolo de investigación se había establecido inicialmente que se reintroducirían 4,000 plantas de *Z. furfuracea* al medio natural provenientes de los viveros establecidos y asesorados por la Universidad Veracruzana. No obstante, ésta fue una actividad que no se realizó y se postergó hasta encontrar la situación propicia para ello. Una razón se debió a desacuerdos entre los socios de los viveros acerca de los sitios ideales para realizar la práctica, así como desconfianzas nuestras sobre garantías reales de sobrevivencia de las plantas reintroducidas debido a las prácticas agropecuarias de roza y quema. Otra razón fue la adversidad del tiempo, ya que el fenómeno del Niño y sus secuelas hasta el presente año causaron una sequía tan extrema que hicieron inviable prácticamente cualquier cultivo en las localidades donde se trabajó, que son semiáridas. Además, la época en que se realizó el proyecto no fue la propicia para sembrar.

A) SELECCIÓN DE LAS LOCALIDADES DE MUESTREO

Se establecieron seis localidades de muestreo (Figura 13), a lo largo de 75 Km de litoral. La selección de tales sitios se hizo con base en información aportada por los lugareños. Visitamos las áreas en donde ellos han obtenido semillas y otras en donde nos indicaron que se encuentran plantas silvestres. Los criterios de selección fueron su accesibilidad, la representatividad numérica de la muestra y el grado de deterioro del ambiente. La mayoría de los sitios se encuentra muy cerca de los núcleos de población o a no más de una hora a pie; sin embargo, dado que *Z. furfuracea* se distribuye a lo largo de la costa, el acceso a algunos puntos resultó ser más sencillo por mar (en lancha).

Tabla 1. Ubicación de las localidades de muestreo.

LOCALIDAD	MUNICIPIO	LONGITUD N	LATITUD W	# cuadros
Ciénega del Sur	Alvarado	18° 42.823'	95° 31.588'	4
Salinas Roca Partida	San Andrés Tuxtla	18° 42.126'	95° 14.845'	3
Toro Prieto	San Andrés Tuxtla	18° 42.100'	95° 12.900'	3
Arroyo de Liza	San Andrés Tuxtla	18° 42.269'	95° 11.135'	3
Playa Hermosa	San Andrés Tuxtla	18° 40.222'	95° 07.986'	3
Capulteol	Catemaco	18° 33.203'	94° 58.179'	4
# total cuadros				20

Originalmente no se había incluido la localidad de Ciénega del Sur, por estar ligeramente alejada de las demás, pero bajo consideraciones más detenidas se percibió la necesidad de muestrear ahí, tanto por la elevada representación de la especie, como por el gran impacto del saqueo de plantas y semillas. En cambio se había pensado en Playa Escondida, sin embargo ésta se desechó pues se encontró que la planta está poco representada y que la topografía escarpada la hace inaccesible, de modo que es una localidad poco apta para cosechar semillas y muy peligrosa para hacer investigación.

Cada una de las seis localidades elegidas fue visitada durante al menos cinco días; en el primer o primeros dos días hicimos caminatas para explorar y elegir el sitio donde establecer las parcelas acompañados por los lugareños. Durante los días siguientes se registraron datos a ritmo de un cuadro por día, excepto en los casos de parcelas poco pobladas en que logramos cubrir dos

en un día. El trabajo de registro de datos fue hecho por dos o tres personas: dos miembros del equipo de trabajo y un acompañante nativo en ocasiones. Cada parcela fue visitada en una sola ocasión. Tanto el tamaño del área de muestreo como el procedimiento de registro de datos excluyeron la posibilidad de contar un individuo más de una vez, excepto por una planta en la parcela de Ciénega del Sur sobre la cual se tuvieron dudas.

B) ESTABLECIMIENTO DE LOS CUADROS DE MUESTREO

En general las plantas de *Z. furfuracea* se encuentran agregadas en conjuntos limitados en extensión por pastizales, dunas móviles, vegetación de dosel medianamente cerrado o mayor a 3 m de altura, falta de substrato, excesiva insolación o algún otro elemento restrictivo. Este hecho y el tamaño de los cuadros de muestreo (20 m X 20 m) facilitaron la demarcación de las áreas de muestreo. La representatividad numérica de los conjuntos de plantas que serían incluidas en la muestra fue evaluada a la vista en recorridos iniciales. Se evitaron los puntos poco representativos, como conjuntos muy densos de individuos profusamente ramificados o de individuos creciendo apretadamente, así como las áreas despobladas.

Inicialmente se había propuesto distinguir dos tipos de cuadro de muestreo: condición expuesta y condición protegida por vegetación natural. Aunque la cobertura de la vegetación es un aspecto determinante de la conducta de las plantas, especialmente en lo que se refiere a la fisonomía individual (por ejemplo, en ambientes umbrosos las frondas de *Z. furfuracea* crecen mucho y sus foliolos se distancian atípicamente), resultó ser un aspecto muy difícil de evaluar con fines discriminantes y no se logró establecer un método claro y no subjetivo de inclusión o exclusión en la muestra. Así, se desecharon las condiciones expuesta o protegida como criterios de selección.

Se establecieron cuatro cuadros de muestreo en las localidades extremas y tres en cada localidad intermedia, sumando en total veinte cuadros. Excepto uno, los cuadros eran contiguos entre sí y paralelos a la línea de costa. Cada punto fue ubicado geográficamente (latitud y longitud) por medio de un geoposicionador (GPS Garmin 12XL). Todos los cuadros se encontraban a no más de 10 m sobre el nivel del mar.

Las condiciones vegetacionales en que encontramos agregaciones de *Z. furfuracea* son homogéneas, sin embargo en algunas localidades la perturbación debida al fuego, al viento o al pastoreo era evidente y hasta aguda. Las zonas perturbadas fueron preferentemente excluidas del muestreo, aunque el cuadro incluyó en ocasiones pastizal de potreros y arenas despobladas de la playa.

C) REGISTRO DE DATOS EN CADA UNO DE LOS SITIOS

Se trazó el perímetro de los cuadros con ayuda de una brújula, una cinta métrica, cuerdas y estacas. Se hicieron trazos precisos (líneas y ángulos rectos) y se procuró ajustar el cuadro a las fronteras locales de distribución (potreros, playa, caminos). Enseguida se registraron los datos de cada individuo.

En una libreta se anotaron los datos y las observaciones de cada uno de los individuos encontrados dentro del cuadro en torno a número de individuo, clase de edad (plántula, joven, madura), sexo (femenino, masculino, adulto indeterminado, inmaduro), número de conos, cantidad de coronas, causas de daño y grado del mismo. Otras variables originalmente propuestas (altura, diámetro del follaje y número de frondas vivas) se descartaron por la escasa pertinencia para el logro de los objetivos del trabajo, además de la dificultad para ser medidas.

En dos localidades (Playa Hermosa y Capulteol) se prendieron etiquetas a cada uno de los individuos de la muestra (Figura 14). Las etiquetas fueron confeccionadas por nosotros con láminas de poliestireno blanco (grosor no. 20) y cable de cobre (cable eléctrico trenzado del número 12).

Cada una lleva escrita una clave que corresponde al sitio, el número que le corresponde a cada individuo y la fecha en que se realizó la labor. Este esfuerzo no fue posible en todos los sitios ya que consume mucho tiempo y es imposible tener acceso a todos los individuos.

Tratamos de lograr un contacto cercano con las plantas para realizar las observaciones de manera fiel (Figuras 15 y 16). Sin embargo la vegetación cerrada y espinosa nos dificultó y hasta imposibilitó acercarnos lo suficiente a varios individuos. Ocasionalmente, en casos extremos, utilizamos machetes para abrirnos paso entre la vegetación cerrada; usamos polainas de cuero para cubrirnos de las espinas y guantes para manipular sin riesgo la vegetación espinosa y prevenir posibles ataques de serpientes venenosas. No obstante todo ello, en nuestras visitas intentamos causar el menor daño posible a la vegetación; igualmente transitamos con precaución para no pisotear plantas pequeñas ni causar deslaves en las dunas.

La obtención de los datos no fue sencilla en la mayoría de los casos. No hubo una manera práctica y definitiva de distinguir entre un individuo vetusto profusamente ramificado y un conjunto de dos o tres individuos distintos pero apretados. Tratándose de individuos contiguos de distinto sexo, era simple distinguir los individuos, pero eso fue infrecuente pues no todos los individuos mostraron estructuras reproductoras (ni siquiera restos). En la mayoría de las veces, la decisión se basó en las distancias entre coronas (mayor o menor que 10 cm) y en la disposición de las mismas (divergentes o convergentes); los machetes resultaron ser una útil herramienta de exploración subterránea. En las plantas inaccesibles, la distinción de individuos fue imposible.

La cantidad de coronas de cada individuo fue precisada en los individuos de tamaño pequeño y mediano; en los individuos mayores y en los inaccesibles se realizaron estimaciones. Se pueden considerar subestimadas nuestras cifras ya que algunas coronas totalmente defoliadas se encontraban ocultas bajo el substrato en la época en que realizamos la investigación. Estas coronas se hacen manifiestas al producir frondas nuevas durante la primavera.

La determinación del sexo de los individuos fue hecha con base en los restos de conos encontrados sobre y alrededor de las plantas. Sobre los individuos masculinos fue posible encontrar numerosos restos secos y torcidos de estípites que fueron delgados y cortos cuando frescos; ocasionalmente encontramos restos del microstróbilo. Los individuos femeninos fueron reconocidos por el estípite grueso y erecto, casi siempre cortado por machete: los recolectores de semillas hacen por lo común un corte inclinado por debajo del cono, dejando como evidencia el estípite cortado.

Los escasos conos femeninos que no fueron saqueados y que pudimos encontrar estaban ya maduros y a punto de desintegrarse. A éstos los desgranamos *in situ* para contar las semillas que contenía cada uno. Más tarde, las semillas fueron dejadas sobre la hojarasca, de la misma manera en que se dispersan por autocoría.

El daño sufrido por las plantas fue observado directamente. Las causas y el grado de daño fueron determinados fácilmente con base en nuestra experiencia de campo con *Z. furfuracea*. Los daños y sus causas son: la defoliación y/o enterramiento por vientos intensos, la defoliación por herbivoría, la limitación del espacio y deformación de las frondas por competencia lumínica con otras plantas, cortes y defoliación por machetes y pisoteo por el tránsito de personas y de ganado. Los grados son relativos y fueron determinados a juicio del observador: ausente, escaso, mediano y grande.

D) ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE LOS DATOS

Los datos generados en el campo se analizaron con estadísticas básicas. Así, se establecieron tendencias por moda y promedio en las categorías de cada variable.

RESULTADOS

OBSERVACIONES DE CAMPO. En el ámbito de *Z. furfuracea* la vegetación crece formando mosaicos de muy diversos tamaños, composiciones y fisonomías. Los mayores determinantes naturales de este mosaicismo parecen ser la cercanía al mar y la disponibilidad de agua.

Según nuestras observaciones, la especie tendía a crecer preponderantemente en microambientes marginales, a orillas de algunos mosaicos de vegetación, aunque no era raro verlas sobrevivir en sitios totalmente expuestos a la insolación o, por el contrario, en lo profundo de matorrales medianamente umbrosos. En los sitios soleados, y más aún los cercanos al mar o a la orilla de caminos, los individuos mostraban menor estatura (40-60 cm) y menos coronas (una o, con menor frecuencia, dos) que en los sitios algo umbrosos, donde los individuos se veían mucho más altos (más de 100 cm) y con más coronas (tres a cinco). Los individuos más longevos, o al menos los que poseían más coronas, se encontraban creciendo en suelos que parecían disponer de mayor humedad durante la sequía por estar muy cercanos a afloramientos temporales o permanentes del manto freático (conocidos localmente como "lloraderos"). Un caso notable de longevidad y desarrollo de coronas lo constituyó un individuo al que se le contaron directamente 120 coronas, el cual estaba totalmente expuesto por el pisoteo del ganado y la erosión.

Zamia furfuracea se asoció de manera positiva con la vegetación tolerante a la escasa y variable disponibilidad de agua de las dunas costeras. Notoriamente, las plántulas y juveniles observadas crecían muy escondidas entre la vegetación o refugiadas en sitios inaccesibles. Dicha vegetación era aquella constituida en gran medida por plantas resistentes a la desecación, como las xerófilas, los matorrales espinosos y la selva baja caducifolia. En contraposición, se asoció de manera negativa con vegetación de más de 3 m de alto, como la selva mediana. De la misma manera, se tornaba infrecuente o ausente en la vegetación muy densa, sin importar si se trataba de plantas rastreras o matorrales.

DATOS NUMÉRICOS. Los datos sobre los conteos de campo se presentan en el Anexo II, los cuales se han resumido en la Tabla 2. En las seis localidades de muestreo se contaron 721 plantas en total, de las cuales 109 (15.1 %) se registraron como hembras, 119 (16.5 %) como machos, 448 (62.1 %) como adultos indeterminados y 45 (6.2 %) como inmaduros (plántulas y juveniles). En promedio, se registraron 5.45 coronas por individuo, sin importar su identidad. Por otro lado, se encontraron rastros (excepto por ocasionales observaciones directas) de 342 conos femeninos y 665 masculinos, lo que indica que, en promedio, cada hembra que produjo conos en la temporada reproductora poseía 3.14 conos, en tanto que los machos poseían 5.59. De los cinco conos femeninos encontrados se desgranaron las siguientes cantidades de semillas:

Salinas-Roca Partida (tres conos, cuadros 1 y 2): 148, 207 y 182 semillas, respectivamente.

Toro Prieto (un cono, cuadro 3): 234 semillas.

Capulteol (un cono, cuadro 1): 262.

TABLA 2. Resumen de los muestreos numéricos. Simbología: P = plántula, J = juvenil, Md = madura, F = femenina, Ma = macho, Ai = adulto indeterminado, In = inmaduro, Prom = promedio, Vien = viento, Herb = herbivoría, Com = competencia, Mach = corte con machete, Tran = tránsito (animales y personas), A = ausente, E = escaso, Me = mediano y G = grande.

Localidad	Individuos	Edad	Sexo	Conos	Coronas	Daño		Grado	
CIÉNEGA DEL SUR I	28	P 0 J 0 Md 28	F 7 Ma 0 Ai 21 In 0	Total 10 F 10 Ma 0	Total 41 Prom 1.46	Vien 15 Herb 22 Com 0 Mach 1 Tran 6	A 1 E 5 Me 12 G 10		
CIÉNEGA DEL SUR II	36	P 0 J 0 Md 36	F 4 Ma 3 Ai 29 In 0	Total 10 F 5 Ma 5	Total 84 Prom 2.33	Vien 16 Herb 28 Com 1 Mach 1 Tran 4	A 2 E 20 Me 11 G 3		
CIÉNEGA DEL SUR III	26	P 0 J 0 Md 26	F 2 Ma 0 Ai 24 In 0	Total 1 F 1 Ma 0	Total 61 Prom 2.34	Vien 15 Herb 14 Com 6 Mach 4 Tran 6	A 0 E 8 Me 10 G 7		
CIÉNEGA DEL SUR IV	17	P 0 J 3 Md 14	F 0 Ma 0 Ai 17 In 0	Total 0 F 0 Ma 0	Total 26 Prom 1.53	Vien 1 Herb 6 Com 4 Mach 2 Tran 1	A 1 E 6 Me 1 G 1		
SALINAS ROCA PARTIDA I	22	P 5 J 0 Md 17	F 5 Ma 5 Ai 7 In 5	Total 37 F 17 Ma 20	Total 42 Prom 1.91	Vien 11 Herb 16 Com 7 Mach 1 Tran 0	A 0 E 6 Me 8 G 8		
SALINAS ROCA PARTIDA II	31	P 10 J 0 Md 21	F 5 Ma 2 Ai 14 In 10	Total 13 F 9 Ma 4	Total 36 Prom 1.16	Vien 16 Herb 18 Com 8 Mach 1 Tran 3	A 1 E 10 Me 14 G 6		
SALINAS ROCA PARTIDA III	24	P 0 J 0 Md 24	F 11 Ma 7 Ai 6 In 0	Total 54 F 29 Ma 25	Total 75 Prom 3.12	Vien 14 Herb 12 Com 2 Mach 2 Tran 1	A 4 E 15 Me 4 G 1		
TORO PRIETO I	26	P 0 J 1 Md 25	F 16 Ma 6 Ai 3 In 1	Total 123 F 74 Ma 49	Total 259 Prom 9.96	Vien 16 Herb 25 Com 15 Mach 0 Tran 4	A 0 E 11 Me 13 G 2		
TORO PRIETO II	47	P 0 J 11 Md 36	F 13 Ma 15 Ai 19 In 0	Total 176 F 42 Ma 134	Total 392 Prom 8.34	Vien 29 Herb 33 Com 7 Mach 0 Tran 0	A 5 E 26 Me 14 G 2		

TORO PRIETO III	52	P J Md	5 17 30	F Ma Ai In	16 10 26 0	Total F Ma	160 91 69	Total Prom	332 6.38	Vien Herb Com Mach Tran	26 29 3 0 1	A E Me G	14 14 23 1
ARROYO DE LIZA I	43	P J Md	0 0 29	F Ma Ai In	3 20 40 0	Total F Ma	186 13 173	Total Prom	709 16.48	Vien Herb Com Mach Tran	38 32 10 0 5	A E Me G	1 14 16 12
ARROYO DE LIZA II	33	P J Md	0 0 33	F Ma Ai In	0 2 30 0	Total F Ma	21 0 21	Total Prom	278 8.68	Vien Herb Com Mach Tran	23 24 6 0 5	A E Me G	1 15 11 5
ARROYO DE LIZA III	28	P J Md	0 1 27	F Ma Ai In	4 15 9 0	Total F Ma	63 5 58	Total Prom	627 22.39	Vien Herb Com Mach Tran	25 26 15 0 5	A E Me G	0 2 14 12
PLAYA HERMOSA I	9	P J Md	0 1 8	F Ma Ai In	1 5 3 0	Total F Ma	21 1 20	Total Prom	34 3.77	Vien Herb Com Mach Tran	5 7 0 0 0	A E Me G	0 4 3 2
PLAYA HERMOSA II	9	P J Md	0 1 8	F Ma Ai In	2 5 2 0	Total F Ma	20 4 16	Total Prom	122 13.55	Vien Herb Com Mach Tran	8 7 1 2 3	A E Me G	0 1 6 2
PLAYA HERMOSA III	37	P J Md	1 0 36	F Ma Ai In	1 10 26 0	Total F Ma	24 3 21	Total Prom	225 6.08	Vien Herb Com Mach Tran	22 23 5 0 1	A E Me G	1 15 12 0
CAPULTEOL I	50	P J Md	0 5 45	F Ma Ai In	6 8 31 5	Total F Ma	50 15 35	Total Prom	137 2.74	Vien Herb Com Mach Tran	17 35 24 1 1	A E Me G	0 15 24 10
CAPULTEOL II	67	P J Md	0 14 53	F Ma Ai In	0 0 53 14	Total F Ma	0 0 0	Total Prom	134 2.0	Vien Herb Com Mach Tran	0 63 62 0 0	A E Me G	0 46 17 4
CAPULTEOL III	64	P J Md	1 7 56	F Ma Ai In	3 2 51 8	Total F Ma	8 5 3	Total Prom	155 2.42	Vien Herb Com Mach Tran	5 62 64 0 0	A E Me G	0 57 7 0
CAPULTEOL IV	63	P J Md	0 12 51	F Ma Ai In	10 4 37 12	Total F Ma	30 18 12	Total Prom	158 2.5	Vien Herb Com Mach Tran	23 43 30 1 1	A E Me G	0 19 31 12

DISCUSION Y CONCLUSIÓN

Lo más evidente que indican los resultados es el escaso reclutamiento de la población; prácticamente la totalidad de nuevos individuos se pierde por el saqueo de conos. Es claro que las pocas plantas inmaduras observadas fueron las provenientes de conos que escaparon a la cosecha.

Los pocos conos registrados no permitieron hacer un análisis estadístico inferencial sobre la potencialidad reproductora de la población. No obstante, dado que nuestra experiencia indica que la viabilidad de las semillas en cada cono suele ser muy alta (superior al 90 %) (M. Vázquez-Torres, datos no publicados), parecería que sería suficiente dejar alrededor del 10 % de los conos silvestres para permitir un reclutamiento efectivo.

Al contrario de lo que ocurre en las plántulas y los juveniles, parece haber condiciones para la sobrevivencia de los individuos longevos. Alternativamente se podría pensar que las condiciones ambientales favorecen el desarrollo de varias coronas.

Los mayores daños a las plantas vivas fueron causados por fenómenos naturales (viento y herbivoría). Las plantas más dañadas fueron las más expuestas. Sin embargo, el daño por estos agentes tendió a ser de escaso a mediano, aunque, como ya se dijo, generalizado y, presumiblemente, persistente.

Si no son afectadas por las actividades humanas, es de presumir que las plantas macho sobreviven relativamente bien en su hábitat, tal como lo sugieren su elevado número de coronas. Esto es confirmado por la escasa o nulo registro de hembras en algunas localidades. El menor número de coronas de las plantas hembra hace suponer que son menos longevas que los machos, o que toleran menos los daños que les inflige el ambiente, o simplemente no son capaces de desarrollar tantas coronas. Quizá un factor restrictivo sea el esfuerzo en la reproducción, que es mucho mayor en las hembras. A pesar de lo anterior, se contaron casi iguales números totales de machos y hembras, lo cual hace suponer que las hembras están ocultas entre los adultos indeterminados, los cuales producirían conos en temporadas mayores a un año.

La investigación hizo evidente que se requiere ampliar el trabajo de investigación *in situ*, especialmente dirigido a la descripción y determinación de los estados que guardan la estructura y composición demográfica básica de la población. Igualmente puso en evidencia que urgen medidas de control del saqueo, de aplicación de la ley y vigilancia de su correcta instrumentación.

BIBLIOGRAFÍA

- Chamberlain, C. J. 1919. *The Living Cycads*. Hafner Publishing Co. New York.
- García, E. 1970. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. 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*. Mem. New York Bot. Gard., vol. 57.
- INEGI (Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática). 1984. GEMA. Geomodelos de Altimetría del Territorio Nacional (CD-ROM). INEGI. Aguascalientes, México.
- 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.

- 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.
- 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.
- 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.
- Torres Hernández, L., M. Vázquez Torres, J. A. Alejandro Rosas y 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. En prensa.
- Vovides, A. P. y C. M. Peters. 1987. *Dioon edule*: la planta más antigua de México. Ciencia y Desarrollo (Conacyt, México) 73:19-24.