

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESTRUCTURA POBLACIONAL DE *Dioon edule* LINDL. (ZAMIACEAE) EN LA
SIERRA MADRE ORIENTAL DEL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO EN INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

PRESENTA:

GABRIEL RUBIO MÉNDEZ

DIRECTORA DE TESIS:

DRA. LAURA YÁÑEZ ESPINOSA

San Luis Potosí, S.L.P. julio de 2010

La presente tesis se llevó a cabo gracias al financiamiento recibido por The Cycad Society a través del proyecto “The chamal (*Dioon edule* Lindl.) in the state of San Luis Potosí ” (2007) y por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología a través de la Convocatoria 2008 Apoyo para Investigadores Nacionales para el Fortalecimiento de actividades de Tutoría y Asesoría de Estudiantes a Nivel Licenciatura con el proyecto “Distribución de *Dioon edule* Lindl. en la Zona Media de San Luis Potosí” (CONACYT 104739).

El trabajo titulado “**Estructura poblacional de *Dioon edule* Lindl. (Zamiaceae) en la sierra madre oriental del estado de San Luis Potosí**” fue realizado por **Gabriel Rubio Méndez** como requisito parcial para obtener el título de “**Ingeniero Agroindustrial**” y fue revisado y aprobado por el suscrito comité titular.

DRA. LAURA YÁÑEZ ESPINOSA

DR. JUAN ANTONIO REYES AGÜERO

M. C. CARLOS ARTURO AGUIRRE SALADO

DEDICATORIA

“Todo avanza, nada se derrumba.”
Walt Whitman (1855)

A PAPÁ GABRIEL
CON MUCHO CARÍÑO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres Fidel y Cecilia por su apoyo incondicional y la paciencia que me guardaron durante mis estudios de licenciatura.

A mi familia por apoyarme durante todo este tiempo.

A la Dra. Laura Yáñez Espinosa por depositar su confianza en mí para desarrollar la presente tesis y por su disposición para despejar mis dudas sobre el tema.

A Raymundo y Uriel por su amistad y ayuda durante el trabajo de campo haciéndolo más ameno.

Al M. C. Carlos Arturo Aguirre Salado por disponer de su tiempo para las revisiones de mis avances.

Al Dr. Juan Antonio Reyes por dedicar parte de su tiempo para despejar mis dudas.

Al Dr. Joel David Flores Rivas por la revisión del trabajo final así como sus aportaciones que fueron de gran ayuda.

A la dirección del Instituto de Investigación de Zonas Desérticas por permitirme realizar la presente tesis.

A mis compañeros de la carrera de Ingeniero Agroindustrial por los agradables momentos que pasamos durante nuestro paso por la Facultad.

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
1. ESTUDIOS POBLACIONALES EN CYCADAS	5
1.1. OBJETIVO GENERAL	6
1.1.1. OBJETIVOS PARTICULARES	6
1.2. JUSTIFICACIÓN	6
2. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO Y MÉTODOS	
DE ESTUDIO DE LA ESTRUCTURA POBLACIONAL	7
2.1 Fisiografía	10
2.2 Suelos	11
2.3 Clima	11
2.4 Vegetación	12
2.5 Estructura de la población	12
2.6 Tablas de vida	14
3. PARÁMETROS POBLACIONALES DE <i>Dioon edule</i> EN NUEVE	
LOCALIDADES DE SAN LUIS POTOSÍ	15
3.1 Características de los sitios de estudio	15
3.1.1 Suelos	15
3.1.2 Vegetación	16
3.1.3 Asociación con otras especies	16

3.1.4 Disturbios	17
3.2 Densidad de población	18
3.3 Distribución espacial	19
3.4 Distribución temporal	20
3.5 Tabla de vida	24
4. ANÁLISIS DE LAS POBLACIONES DE <i>Dioon edule</i> Y LAS CAUSAS DE SU DETERIORO	27
4.1 Características del hábitat	27
4.1.1 Asociación con otras especies	27
4.1.2 Suelo	27
4.2 Densidad de población	28
4.3 Distribución espacial	29
4.4 Distribución temporal	30
4.5 Tabla de vida	31
CONCLUSIONES	34
LITERATURA CITADA	35

Índice de cuadros

Cuadro 1. Clases fenológicas de <i>Dioon edule</i> .	13
Cuadro 2. Análisis de suelo de las diferentes localidades estudiadas	15
Cuadro 3. Análisis de suelo de las diferentes localidades estudiadas (continuación).	16
Cuadro 4. Relación de las especies arbóreas asociadas con <i>D. edule</i> en los sitios de muestreo	17
Cuadro 5. Proporción de individuos de cada clase de edad con respecto al total de la localidad	19
Cuadro 6. Tablas de vida de las localidades estudiadas.	26

Índice de figuras

Figura 1. Área de estudio en el marco nacional.	9
Figura 2. Representación esquemática de los transectos utilizados.	13
Figura 3. Densidad de población para cada localidad estudiada (ind.*Ha ⁻¹).	18
Figura 4. Distribución de individuos por 100m de transecto	20
Figura 5. Número de hojas de las plantas A individuos no reproductivos B individuos reproductivos.	22
Figura 6. Diámetro y altura de las plantas A individuos no reproductivos B individuos reproductivos.	23
Figura 7. Distribución por edades de acuerdo al número de hojas en individuos adultos que no mostraban tallo.	24

Resumen

Dioon edule Lindl. es la especie de Zamiaceae mas ampliamente distribuida en México; concretamente, en el estado de San Luis Potosí se distribuye en la Sierra Madre Oriental, en la región de la Huasteca potosina. Las plantas de *D. edule* crecen en la transición de matorral submontano con selva baja caducifolia y bosque de encino. Son plantas dioicas y se caracterizan por tener tallos de 4 m de alto con un diámetro de entre 30 y 50 cm, sus hojas están agrupadas en coronas de 50 a 150 hojas de hasta 1 a 2 m de longitud. *Dioon edule* ha sido relevante en la dieta de los indígenas xiñuy que habitan en la zona Huasteca del estado, quienes la utilizaban como sustituto del maíz cuando este escaseaba. El objetivo de este estudio fue determinar la situación actual de las poblaciones naturales de *Dioon edule* en la Huasteca potosina, analizando su estructura y las condiciones de su hábitat. La estructura de nueve poblaciones y su distribución se determinaron utilizando el método de intercepción en línea, en donde los individuos censados fueron clasificados por género sexual y condición reproductiva, como: plántulas, juveniles y adultos masculino, femenino o no reproductivo. La mayor densidad de población corresponde a la comunidad de Saucillo, en el municipio de Santa Catarina, con un promedio de 0.37 individuos m^{-2} y la menor a la comunidad de Moctezuma, en Aquismón, con una densidad promedio de 0.07 individuos m^{-2} . Las tablas de vida indican que en las poblaciones se encuentran varias generaciones traslapadas debido a la permanencia de los individuos adultos dentro de la población. Sin embargo, este comportamiento puede resultar en un lento desarrollo de la población tornándola vulnerable a los cambios en las condiciones ambientales propiciados por los cambios de uso de suelo que se presentan en la región.

Abstract

Dioon edule Lindl. is the Zamiaceae species most widely distributed in Mexico, particularly in the state of San Luis Potosi is distributed in the Sierra Madre Oriental, located in the Huasteca region. *D. edule* plants grow in the transition from submontane scrub to tropical deciduous forest and oak forest. They are dioecious plants and stems are characterized by 4 m high with a diameter of between 30 and 50 cm, the leaves are grouped in crowns of 50-150 leaves up 1-2 m in length. *Dioon edule* has been important in the diet of indigenous xi'iyu that lives in the Huasteca region of the state, which used it as a substitute of corn when it was scarce. The aim of this study was to determine the current status of natural populations of *Dioon edule* in the Huasteca region, analyzing its structure and habitat conditions. The structure of nine populations and their distribution were determined using line intercept method, where the individuals accounted were classified by gender and reproductive condition, such as: seedlings, juveniles and adult male, female or non-reproductive. The highest population density corresponded to Saucillo locality, in the municipality of Santa Catarina, with an average of 0.37 individuals m⁻² and the lowest to the locality of Moctezuma, in the municipality Aquismón, with an average density of 0.07 individuals m⁻². Life tables indicate that populations are overlapping generations due to the permanence of adult individuals within the population. However, this behavior can result in slow development of the population, becoming vulnerable to changes in environmental conditions due to changes in land use present in the region.

Introducción

Las cycadas pertenecen a las plantas con semilla mas antiguas que han existido sobre la Tierra, con apariencia similar a la de palmas y helechos, aunque no están relacionadas filogenéticamente con ninguno de estos grupos (Yáñez-Espinosa, 2006). Actualmente se tiene registro de alrededor de 300 especies distribuidas en tres familias y 11 géneros que se distribuyen en las regiones tropicales, subtropicales y templadas del mundo. En México, se puede encontrar alrededor del 20 % de las especies de cycadas del mundo, de las cuales el 80% son endémicas (Vovides, citado por Yáñez-Espinosa, 2006). Estas especies pertenecen a la familia Zamiaceae, endémica de México, la cual esta integrada por tres géneros: *Zamia*, *Ceratozamia* y *Dioon*. Este último es el más representado en México y se conforma por 12 especies distribuidas en los siguientes tipos de vegetación: selva baja caducifolia, bosque tropical perennifolio, bosque de *Pinus*, bosque de *Quercus*, bosque mesófilo de montaña, matorral xerófilo y matorral submontano (Yáñez-Espinosa, 2006). En trabajos de investigación realizados por De Luca *et al.* (1982), se menciona que la distribución de *Dioon edule* Lindl., abarca la parte sur del estado de Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Querétaro, Guanajuato, Veracruz e Hidalgo. Las plantas de *D. edule* son dioicas, con tallos de hasta 4 m de alto, con un diámetro de 30 a 50 cm, sus hojas son de color verde – azul, agrupadas en forma de corona de 50 a 150 hojas, llegando a medir hasta 2 m de largo. Las semillas se encuentran en unas estructuras denominadas conos que producen las plantas femeninas y el polen se produce en los conos que producen los individuos masculinos. En el estado de San Luis Potosí existe escasa información sobre su distribución pero se sabe que se puede encontrar en las regiones conocidas como Huasteca y Media, abarcando los municipios de Rayón, San Ciro de Acosta, Cárdenas, Cd. del Maíz, Santa Catarina, Tamasopo, Aquismón, entre otros.

En el sistema de clasificación para los estados de conservación elaborada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, que compila la llamada Lista Roja de la UICN de especies amenazadas, se considera a *Dioon edule* Lindl., como especie casi amenazada (NT: near threatened) (Hill *et al.* 2007). Esta categoría se refiere a las especies que, después de su evaluación, no se pueden clasificar como especies en peligro o vulnerables, pero que en un futuro cercano estarían enfrentando un riesgo alto de extinción en estado silvestre (IUCN/SPS, 2010). En México esta especie se considera como amenazada de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, que comprende las especies silvestres amenazadas, raras y en peligro de extinción de flora y fauna que requieren protección especial. Esto se debe a la recolecta de estas plantas con fines comerciales, ya que pueden alcanzar precios muy elevados en el mercado negro de especies exóticas. Además, la apertura de terrenos con fines agropecuarios, contribuye de gran manera a destrucción de las poblaciones.

1. Estudios poblacionales en cycadas

En sus inicios, el término demografía se aplicó solamente a poblaciones humanas y posteriormente, por analogía, se aplicó también a poblaciones de animales, y más recientemente a poblaciones de plantas (Harper y White, 1974, citado por Vásquez-Torres, 1990).

Los estudios demográficos aportan las bases para el conocimiento del comportamiento de las poblaciones. Para el caso de poblaciones de plantas, este tipo de estudios han sido poco frecuentes, aunque han aportado la mayor parte de la información necesaria para el conocimiento de la dinámica de las poblaciones (Vásquez-Torres, 1990).

Además, en el caso de los estudios poblacionales de plantas, se deben considerar ambos tipos de reproducción: la sexual (a partir de semilla) y la multiplicación o asexual (a partir de plantas madres que forman vástagos o hijuelos) característica que condiciona ciertos tipos de respuestas muy diferentes a las que se presentan ante factores ambientales como la depredación (Vásquez-Torres, 1990).

En el caso específico de las cycadas es posible encontrar estudios en los que se consideran parámetros tales como crecimiento, estado reproductivo, género sexual, tamaño y otros (Alejandre-Rosas *et al*, 1990; Ornduff, 1990; Vovides, 1990; Watkinson y Powell, 1997; Nicolalde, 2001; Pérez-Ferrera y Vovides, 2004; Maturana y Palacios, 2005; Yáñez y Sosa, 2007; López- Gallego, 2008, López-Gallego y O'Neil, 2010), así como otros estudios en los que se consideran como parámetros, características específicas como son producción de hojas y factores ambientales que afectan el crecimiento, la reproducción de las cycadas y las asociaciones simbióticas con insectos (Clark y Clark, 1987,1988, 1992; Keppel, 2001).

Dentro de estos estudios destacan las tablas de vida, que han sido utilizadas ampliamente para estimar la dinámica de las poblaciones de cycadas ~~que han sido estudiadas~~ (Negrón-Ortiz, 1986; Vovides, 1990; Aguirre, 2004; Octavio-Aguilar, 2009).

Las tablas de vida fueron originadas por compañías dedicadas a la elaboración de seguros de vida y sirven para obtener una perspectiva de la mortalidad y la supervivencia de una población y su esperanza de vida (Odum, 2005), pero también han sido utilizadas para conservación y manejo de especies silvestres ya que permiten determinar las fuerzas subyacentes de la mortalidad de la población.

En el caso de la cycadas, las tablas de vida han sido construidas con base en el tamaño de las plantas para especies con tallo aéreo (*Dioon*, *Macrozamia*) y número de hojas para especies con tallo subterráneo (*Zamia*, *Ceratozamia*), parámetros que están relacionados con la edad de las cycadas (Aguirre, 2004).

1.1. Objetivo General

Determinar la situación actual de *Dioon edule* Lindl. (Zamiaceae) en poblaciones naturales en las distintas localidades de la Sierra Madre Oriental del Estado de San Luis Potosí.

1.1.1. Objetivos Particulares

-Analizar la estructura de las poblaciones de *D. edule* en nueve diferentes localidades de la Sierra Madre Oriental del Estado de San Luis Potosí

-Caracterizar las condiciones del hábitat de *D. edule* en nueve diferentes localidades de la Sierra Madre Oriental del Estado de San Luis Potosí.

1.2. Justificación

En el estado de San Luis Potosí, *Dioon edule* ha sido utilizada desde tiempos antiguos como sustituto del maíz por los grupos indígenas (xi'iuyet) de la Sierra Madre Oriental, siendo muy común el consumo de tortillas, tamales o atole elaborados con sus semillas, por lo que es de gran importancia conocer los factores que influyen en su desarrollo, ya que al ser una especie amenazada (Anónimo, 2002), se puede aportar información que contribuya al conocimiento, manejo, aprovechamiento y conservación de esta especie.

2. Características del área de estudio y método de estudio de la estructura poblacional

Con base en los ejemplares de herbario que se encuentran en la Colección Nacional de Cycadas albergada en el Herbario XAL del Instituto de Ecología, A. C., y también en los estudios etnobotánicos realizados en la zona, se definió el área de estudio en donde se realizaron las exploraciones para definir las localidades a muestrear las cuales se mencionan a continuación: las comunidades de Antejos y El Saucillo, en el municipio de Santa Catarina, la comunidad de Gamotes en el municipio de Rayón, ambos en la Zona Media del estado de San Luis Potosí, así como las comunidades de Agua Buena, Rincón de los Naranjos y Pocitos en el municipio de Tamasopo, además de las comunidades de El Jabalí y Moctezuma en el municipio de Aquismón, que se encuentran en la Zona Huasteca del estado, además de la comunidad de el Chijol en Jalpan, Querétaro (Fig. 1).

En esta región habita la etnia pame o xi'iuy que representa apenas el 3% de la población indígena del estado de San Luis Potosí, sin embargo, es de las pocas etnias sobrevivientes de los Chichimecas. Dentro del estado de San Luis Potosí la zona xi'iuy comprende cinco municipios: Ciudad del Maíz; Alaquines; Tamasopo; Rayón y Santa Catarina. La recolección de cosechas es la actividad preponderante entre los xi'iuyet, que realizan los varones, tanto los jóvenes como los adultos y rara vez las mujeres. Los principales productos son: maíz, frijol, caña, café; árboles frutales como mango, papaya y plátano; camote, calabaza, chile, borraja, lenteja, tabaco, cereales (Ordóñez-Cabezas, 2004). Los sembradíos de maíz, frijol, calabaza y chile proporcionan los principales productos al régimen alimenticio xi'iuy. Se consumen también alimentos obtenidos por recolección, entre los que sobresalen derivados del maguey y el chamal; específicamente, del chamal se utilizan sus semillas, elaborando con ellas masa, y, a partir de ella tamales y, en algunos casos, tortillas. Es importante mencionar que la elaboración de estos alimentos generalmente se lleva a cabo por las mujeres mayores, que conocen el proceso correcto de

elaboración para eliminar las sustancias que pueden resultar tóxicas. Para integrarse como grupo, los problemas más agudos a los que se enfrentan los xi'iuyet en la actualidad son a la dispersión de sus comunidades y a la emigración; este último problema se ha agravado en los años recientes, ya que se ha convertido en un fenómeno definitivo y de núcleos familiares completos (Ordóñez-Cabezas, 2004), lo cual se verá reflejado en la pérdida del conocimiento sobre el uso tradicional de *D. edule*, en lo referente a la preparación de los tamales, ya que durante la realización del estudio se observó que se está reduciendo el número de personas que sabe prepararlos.

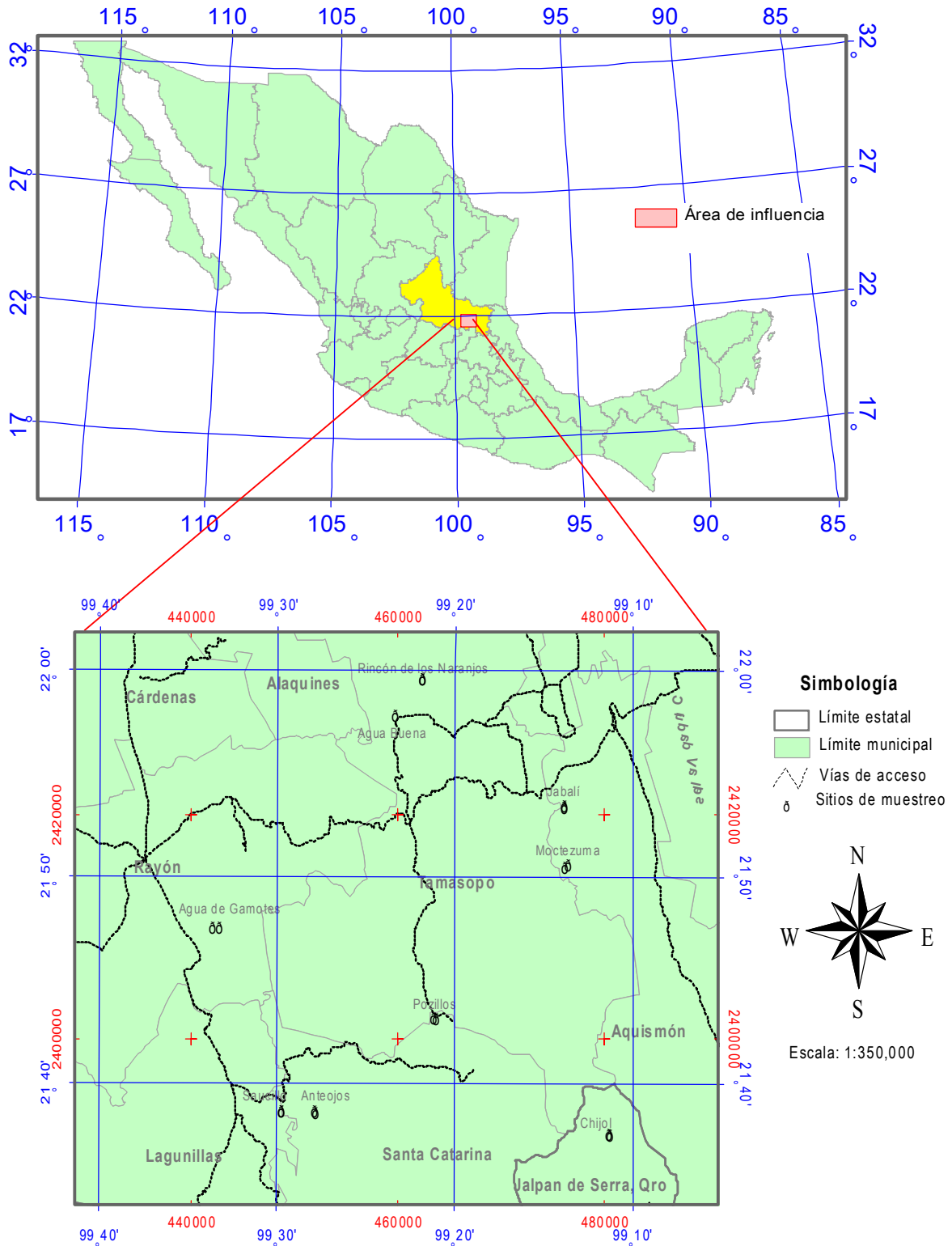


Figura 1. Localización del área de estudio

2.1 Fisiografía

La Sierra Madre Oriental es fundamentalmente un conjunto de sierras menores de capas plegadas. Tales capas son de antiguas rocas sedimentarias marinas (del Cretácico y del Jurásico Superior) entre las que predominan las calizas, quedando en segundo lugar las areniscas y las lutitas (rocas arcillosas) (Anónimo, 2003).

Debido a la predominancia de calizas en la región, se han producido, particularmente en la porción media y sur, considerables manifestaciones de carso, esto es, de geoformas resultantes de la disolución de la roca por el agua. La infiltración del agua en el subsuelo ha formado extensos sistemas de cavernas y abundantes manantiales, en especial al pie de la sierra (Anónimo, 2003).

En los sitios donde las calizas son arrecifales, el paisaje se caracteriza por la abundancia de mogotes (rocas salientes y picudas), a veces altos y de formas caprichosas (Anónimo, 2003).

Las condiciones secas y semisecas que imperan en el norte y occidente de la sierra, propician que ahí no haya una red de drenaje significativa; mientras que en las partes media y sur, la naturaleza subhúmeda de los climas, junto con las manifestaciones cársticas, la vegetación y la niebla, han contribuido a generar una de las regiones paisajísticas más hermosas del país, donde hay importantes sistemas fluviales que corren hacia el oriente y han excavado profundos cañones (Anónimo, 2003).

La Subprovincia fisiográfica Carso Huasteco constituye la porción sur de la provincia Sierra Madre Oriental; se extiende aproximadamente desde las cercanías de Rioverde y Ciudad del Maíz, San Luis Potosí, hasta las inmediaciones de Teziutlán, Puebla. Es, en gran parte, una sierra plegada como su vecina del norte-centro: la Gran Sierra Plegada, pero difiere de ésta en dos aspectos. Por un lado, presenta un fuerte grado de disección, inclusive desarrollo de cañones por la acción de los importantes ríos que fluyen en ella hacia el oriente, como el Tampaón, y por otro, un mayor grado de expresión de rasgos propios de un carso que todo el resto de la provincia. El

carso es una región de rocas solubles en el agua, en este caso calizas, grutas e infiltración del agua al subsuelo. Las aguas infiltradas emergen en manantiales de la base de la sierra sobre la Llanura Costera del Golfo Norte (Anónimo, 2003).

En San Luis Potosí el Carso Huasteco Comprende 14.65% de la superficie estatal (Anónimo, 2003).

2.2 Suelos

Dentro del estado se distribuyen más de la mitad de las unidades de suelo utilizadas internacionalmente por la FAO (Anónimo, 2003).

Los suelos de la provincia Sierra Madre Oriental son de origen aluvial, se formaron en las grandes llanuras con aporte de sedimentos provenientes de rocas caliza y lutita en su mayor parte; de origen residual y coluvial en las partes altas y bajadas de las sierras constituidas por el mismo tipo de roca, como también de afloramientos dispersos de rocas ígneas. La mayor parte tienen textura media, pero los que se encuentran en las regiones más húmedas son de textura fina; presentan limitantes físicas como las fases petrogypsica (sulfato de calcio) y lítica (roca), y limitantes químicas por altos contenidos de sales solubles y sodio. Son someros en sierras y lomeríos, y dependiendo del clima y vegetación presentes, son ricos en materia orgánica y nutrientes (Anónimo, 2003).

2.3 Clima

Los climas que predominan en el área de estudio son los semicálidos, que se caracterizan por presentar temperaturas medias anuales superiores a 18 °C y se clasifican de acuerdo al régimen de lluvias, humedad y extensión en el estado en: semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano; semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad; semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media; semicálido húmedo con lluvias todo el año y semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (Anónimo, 2003).

2.4 Vegetación

La zona de Tamasopo destaca por sus terrenos fértiles y presenta en sus partes más húmedas vegetación de selva mediana subperennifolia y pastizales, característicos de las comunidades de Agua Buena y Rincón de los Naranjos. En la comunidad de Pocitos, enclavada en la sierra, el clima es más bien frío y el tipo de vegetación es de bosque de encinos (Anónimo, 2003).

En Aquismón, las condiciones climáticas que se presentan propician el desarrollo de selvas altas perennifolias y selva mediana subperennifolia, las cuales por su estado de alteración se encuentran en estado secundario de crecimiento, además de que esta vegetación ha sido sustituida en gran parte por pastizal cultivado y agricultura de temporal. También en algunas partes prevalece la selva baja caducifolia (Anónimo, 2003).

En los municipios de Rayón y Santa Catarina el clima predominante ha dado lugar al desarrollo de bosques de encino y encino-pino, así como matorral submontano, además del desarrollo de agricultura de temporal y pastizales inducidos (Anónimo, 2003).

En la comunidad de El Chijol, municipio de Jalpan, Querétaro, la vegetación predominante es el bosque de encino.

Para cada uno de los sitios seleccionados se determinó su localización utilizando un GPS, su composición florística, características del suelo, tipo de vegetación y señales de disturbio (incendios, desmontes, extracción de partes de la planta o la planta completa).

2.5 Determinación de la estructura de la población

La estructura de la población se determinó utilizando el método de intersección en línea descrito por Canfield en 1941 (Franco-López et al., 1989), utilizando transectos de 100 m de largo por 2 m de ancho, que es el diámetro promedio de una planta adulta. Se comienza en un extremo de la línea, considerando únicamente aquellas plantas que sean tocadas por la línea o que sean subyacentes o suprayacentes a ella, realizando dos repeticiones por sitio.

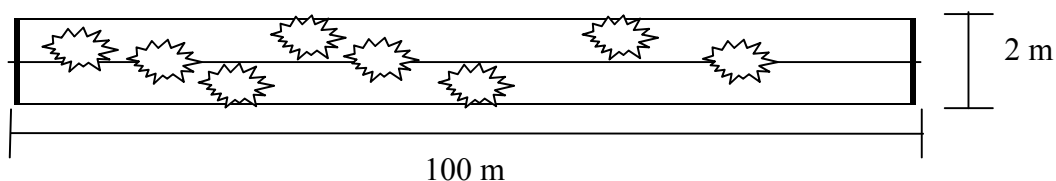


Figura 2. Representación esquemática de los transectos utilizados.

Este método se seleccionó tomando en cuenta el patrón de distribución agregada que presenta esta especie, lo que significa que los individuos se encuentran agrupados en manchones y puede causar una sobreestimación o subestimación de la información recopilada (Franco-López et al., 1989).

Así mismo, se clasificó a los individuos de *D. edule* de acuerdo con el número de coronas que presenten, así como por la presencia de tallo, quedando de la siguiente manera:

Cuadro 1. Clases fenológicas de *Dioon edule*.

Clase de edad	Descripción
Plántulas	Individuos que presenten una o más hojas sin que estas lleguen a formar una corona.
Juveniles	Individuos que presenten una o más coronas pero con tallo no visible.
Adultos	Individuos que presenten una o más coronas y que tengan tallo visible.

De la misma manera, a los individuos adultos se les asignó un género de acuerdo con la presencia de estructuras reproductoras, clasificándose de la siguiente manera: femenino, masculino o no reproductivo.

Para cada uno de los individuos presentes se midieron los siguientes parámetros:

- Número y longitud de hojas nuevas,
- Número total de hojas,
- Diámetro del tronco y,
- Altura total de la planta.

2.6 Tablas de vida

Las tablas de vida consisten en una serie de columnas encabezadas por notaciones estándar, cada una de las cuales describe ciertas relaciones de mortalidad específica de grupos de edad dentro de una población (Smith y Smith, 2001).

Entre las columnas están x , unidades de edad; l_x , el número de individuos que sobreviven hasta la edad $x, x+1 \dots$; d_x , el número de individuos que muere durante el intervalo de edad $x, x+1$; q_x , la tasa de mortalidad específica de cada edad. Se presenta también la columna n_x , que representa los datos verdaderos en los que está basada la tabla.

Los valores de la columna l_x se obtienen calculando las proporciones, haciendo los datos brutos de la primera edad 1.

La columna d_x se obtiene restando el número de supervivientes en la edad $X+1$ al número de supervivientes que había en la edad previa X .

Si se divide la columna d_x entre el valor de l_x se obtiene el valor de q_x para una misma clase de edad (Smith y Smith, 2001).

En el presente estudio las tablas de vida fueron elaboradas tomando en cuenta la etapa fenológica de las plantas, siendo estas: semilla, plántula, juvenil, adulto no reproductivo y adulto reproductivo.

3. Parámetros poblacionales de *Dioon edule* en nueve localidades de San Luis Potosí

3.1 Caracterización de los sitios

3.1.1 Suelo

Los suelos en donde se desarrolla *D. edule* son someros, su profundidad no sobrepasa los 15 cm., de textura arcillosa en la mayoría de las localidades estudiadas (Cuadros 2 y 3).

El contenido de materia orgánica osciló entre 23.55% en la comunidad de Antejos y 5.49% en Chijol, con un promedio de 14.69%.

El valor máximo de pH fue de 7.54 en la comunidad de Pocitos y el mínimo de 6.22 en la comunidad de Antejos, con lo que podemos decir que se trata de suelos neutros a ligeramente ácidos.

El sitio con pendiente mas pronunciada fue El Jabalí, en donde se determinó que fue del 50% (en 100 m de transecto, tuvimos una diferencia de 50 m en altitud), seguido de Moctezuma. En la comunidad de Chijol la pendiente no superó el 15%.

Cuadro 2. Análisis de suelo de las diferentes localidades estudiadas

Localidad	Textura	% Arena	% Limo	% Arcilla	pH	% M.O.
El Jabalí	Arcilla	44.4	13.3	42.3	7.046	21.05
Gamotes	Migajón Arcilloso	31.2	37.28	31.52	7.078	14.03
Moctezuma	Arcilla	35.12	19.28	45.6	7.139	18.04
Rincón de los Naranjos	Migajón Arcilloso	37.88	22.56	39.6	6.968	17.04
Pocitos	Arcilla	36.4	17.3	46.30	7.54	17.04
Saucillo	Migajón Arcilloso Arenoso	61.12	11.28	27.6	6.22	13.16
Antejos	Migajón Arenoso	71.84	8.72	19.44	6.24	23.55
Aquismón	Arcilla	39.92	47.08	13.0	6.42	5.49

Cuadro 3. Análisis de suelo de las diferentes localidades estudiadas (continuación).

Localidad	Ca (meq/100g)	Mg (meq/100g)	Na (meq/100g)	K (meq/100g)	P (meq/100g)	Conductividad (microSiemen/cm)
El Jabalí	61.476	4.62	0.113	0.7051	7.0117	571
Gamotes	103.768	0	0.0783	1.218	7.0657	624
Moctezuma	48.687	0.953	0.113	0.7051	7.7667	403
Rincón de los						
Naranjos	123.533	0	0.1043	0.9615	7.3353	480
Pocitos	74.665	2.345	0.1043	1.02564	7.7129	391
Saucillo	60.784	10.7	0.0112	0.01581	233	616
Anteojos	63.27	0.436	0.0148	0.0088	13.96	1500
Aquismón	32.9	0.356	0.00043	n.d.	n.d.	209

3.1.2 Vegetación

Los tipos de vegetación en los que se encontró *D. edule* en la Sierra Madre Oriental fueron: selva baja caducifolia en las partes más bajas, extendiéndose esta hasta los 384 msnm en las comunidades de El Jabalí, Moctezuma, Rincón de los Naranjos y Agua Buena. También se localizó en bosques de *Quercus* y transición de estos con matorral submontano en un gradiente altitudinal que va de los 700 a los 1114 msnm, comprendiendo las comunidades de Pocitos, Gamotes, Anteojos y Saucillo.

3.1.3 Asociación con otras especies

En el Cuadro 4 se muestra una relación de las especies arbóreas más frecuentes en las distintas comunidades estudiadas, de estas, sobresalen *Quercus laeta* en los bosques de encino y *Bursera simaruba* en la selva baja caducifolia, y *Brahea dulcis* se presenta en ambos tipos de vegetación.

Cuadro 4. Relación de las especies arbóreas asociadas con *D. edule* en los sitios de muestreo

Localidad	Especies	<i>Quercus laeta</i>	<i>Brahea dulcis</i>	<i>Bursera simaruba</i>
Pocitos	6	X	X	
Gamotes	10	X		
Saucillo	7	X		
Anteojos	4	X	X	
El Jabalí	4			X
Moctezuma	4		X	X
Agua Buena	3			X
Rincón De Los Naranjos	7		X	X
Chijol	6	X	X	

3.1.4 Disturbios

Durante el estudio se observaron diferentes clases de perturbación. Entre las más frecuentes se encuentran los incendios, que son utilizados en la apertura de los terrenos con fines agropecuarios, así como la recolección de semillas para la elaboración de alimentos. En los lugares en donde se realiza algún aprovechamiento pecuario, las plantas de *D. edule* son eliminadas por los ganaderos debido a los efectos tóxicos que tiene sobre el ganado. Estas perturbaciones fueron más evidentes en las comunidades de Agua Buena, Rincón de los Naranjos, El Jabalí y Moctezuma.

Las hojas de las cycadas son depredadas por las mariposas del género *Eumaeus* (Lepidoptera: Lycaenidae) que en su estado de oruga se alimenta de las hojas de algunas cycadas entre ellas *D. edule*. Esta depredación probablemente tenga algún efecto sobre la reproducción, establecimiento

y por consiguiente en la estructura de las poblaciones de las cycadas (Pérez-Ferrera & Vovides, 2004), ya que reduce la capacidad fotosintética de la planta al reducir el área foliar.

3.2 Densidad de población

La mayor densidad de individuos se registró en las comunidades de Pocitos, en el municipio de Tamasopo, Saucillo y Antejos en Santa Catarina, Gamotes en el municipio de Rayón y Chijol en Jalpan, Qro., en donde la densidad fue en promedio 2600 individuos ha^{-1} .

En las comunidades del Jabalí y Moctezuma en el municipio de Aquismón, y Agua Buena y Rincón de los Naranjos en Tamasopo, la población promedio fue de 1000 individuos ha^{-1} . Es importante destacar que la menor densidad de población registrada, corresponde a la comunidad de Moctezuma en el municipio de Aquismón y la mayor densidad corresponde a la comunidad de Saucillo en el municipio de Rayón, (Fig. 3).

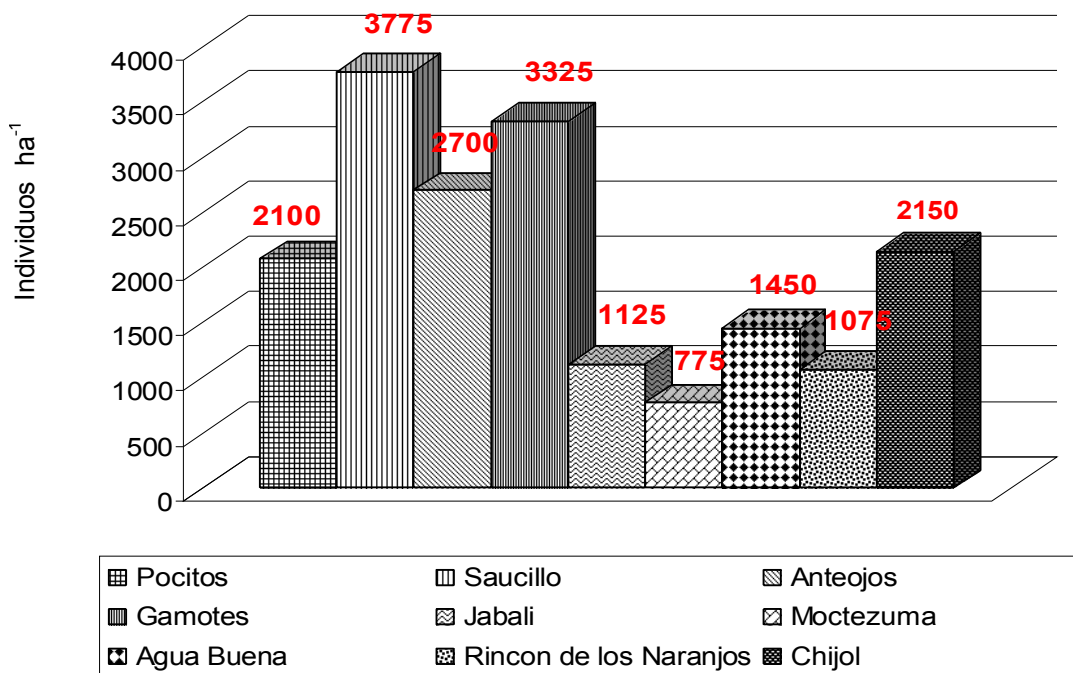


Figura 3. Densidad de población para cada localidad estudiada.

La clase con mayor frecuencia fue la de las plántulas que en algunos casos llegó a representar más del 70% del total de los individuos censados, y la clase menor representada fue la de individuos adultos no reproductivos, la cual no superó el 12% del total de individuos. Estos resultados se muestran en el cuadro 5.

Cuadro 5. Proporción de individuos de cada clase de edad con respecto al total de la localidad

Localidad	Plántulas (%)	Juveniles (%)	Adultos no reproductivos (%)	adultos reproductivos (%)
Chijol	53.49	6.98	30.23	9.30
Pocitos	43.37	28.92	14.46	13.25
Gamotes	57.89	19.55	10.53	12.03
Saucillo	70.20	26.49	0.00	3.31
Anteojos	50.93	28.70	16.67	3.70
Agua Buena	46.55	25.86	8.62	18.97
Rincón de los Naranjos	20.93	32.56	0.00	46.51
El Jabalí	35.56	22.22	15.56	26.67
Moctezuma	64.52	16.13	6.45	12.90
Promedio	49.27	23.05	11.39	16.29

La fecundidad fue constante durante el estudio (2007-2008) ya que en todos los sitios se encontraron individuos con estructura reproductora o vestigios de estas.

3.3 Distribución espacial

Cada transecto se inició en el punto en donde se encontraron concentrados la mayor cantidad de individuos, sin embargo, al alejarse de este punto iban disminuyendo e incluso en la comunidad de Rincón de los Naranjos no se encontró ningún individuo después de los 50 m (Fig. 4).

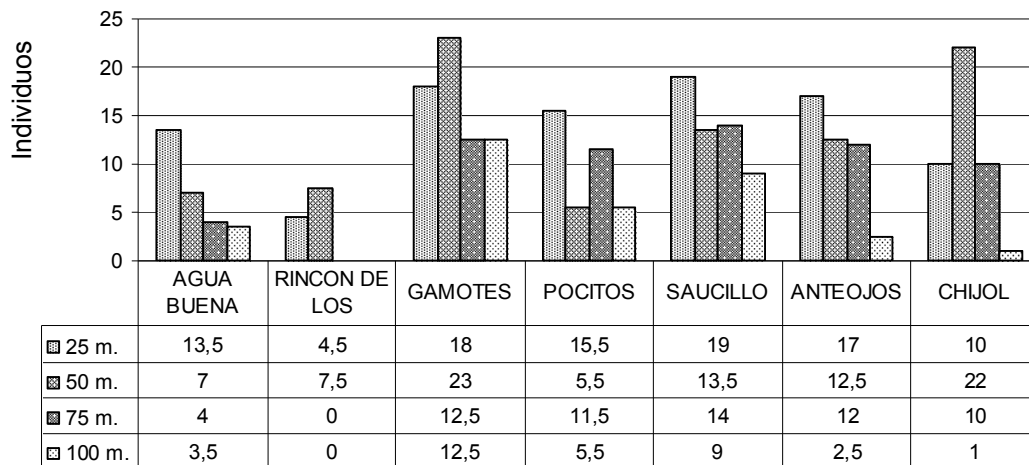


Figura 4. Distribución de individuos por 100m de transecto

En la mayoría de las localidades las densidades más altas se encontraron en los primeros 25 m, correspondiendo a las partes bajas de las laderas de la sierra; encontrándose principalmente individuos que se encuentran en las etapas iniciales del establecimiento. En los sitios con mayor pendiente, los individuos se encontraron muy separados entre sí, mientras que en los sitios en donde la pendiente no era muy pronunciada, se encontraron grupos muy grandes de individuos, generalmente alrededor de una planta adulta o a la sombra de encinos (*Quercus laeta*) o palmas (*Brahea dulcis*).

3.4 Distribución temporal

Si consideramos el tamaño de las plantas (altura y diámetro del tallo) y el número de hojas como parámetros asociados con la edad y fecundidad de las cycadas, las plantas más longevas se encuentran en las comunidades de Pocitos, Chijol, Gamotes, Antejos, Saucillo, en donde se encontraron los individuos más grandes (Fig. 5 y 6). En los casos en donde no fue posible medir la altura y el diámetro de las plantas adultas por tener el tallo subterráneo, solo se consideró el número de hojas obteniendo resultados similares (Fig. 7).

El promedio del número de hojas para los individuos no reproductivos fue de 14.3 con un máximo de 21 y un mínimo de 3.5. Para la clase de adultos reproductivos fue de 15 con un máximo de 22.5 hojas (Fig. 5).

En este estudio se consideró como hojas nuevas a la que se encuentran en la última corona y que corresponden a las hojas producidas en el año anterior.

Para el caso de los adultos no reproductivos el promedio fue de 3 hojas y para los adultos reproductivos de 5 hojas.

El promedio de diámetro del tallo para individuos no reproductivos fue de 16.24 cm, registrándose un máximo de 25.10 cm y un mínimo de 15.4 cm. Para los individuos reproductivos el promedio fue de 16.60 con máximo de 31.20 y un mínimo de 5.5 cm (Fig. 6).

La altura máxima registrada para individuos no reproductivos fue de 50.39 cm y la mínima de 22.25 cm con un promedio de 32.87 cm. Para los individuos reproductivos la máxima altura registrada fue de 42.63 cm y la más baja de 9.50 cm, en este caso los registros corresponden a los diámetros máximos y mínimos respectivamente. El promedio para esta clase fue de 25 cm. (Fig. 6).

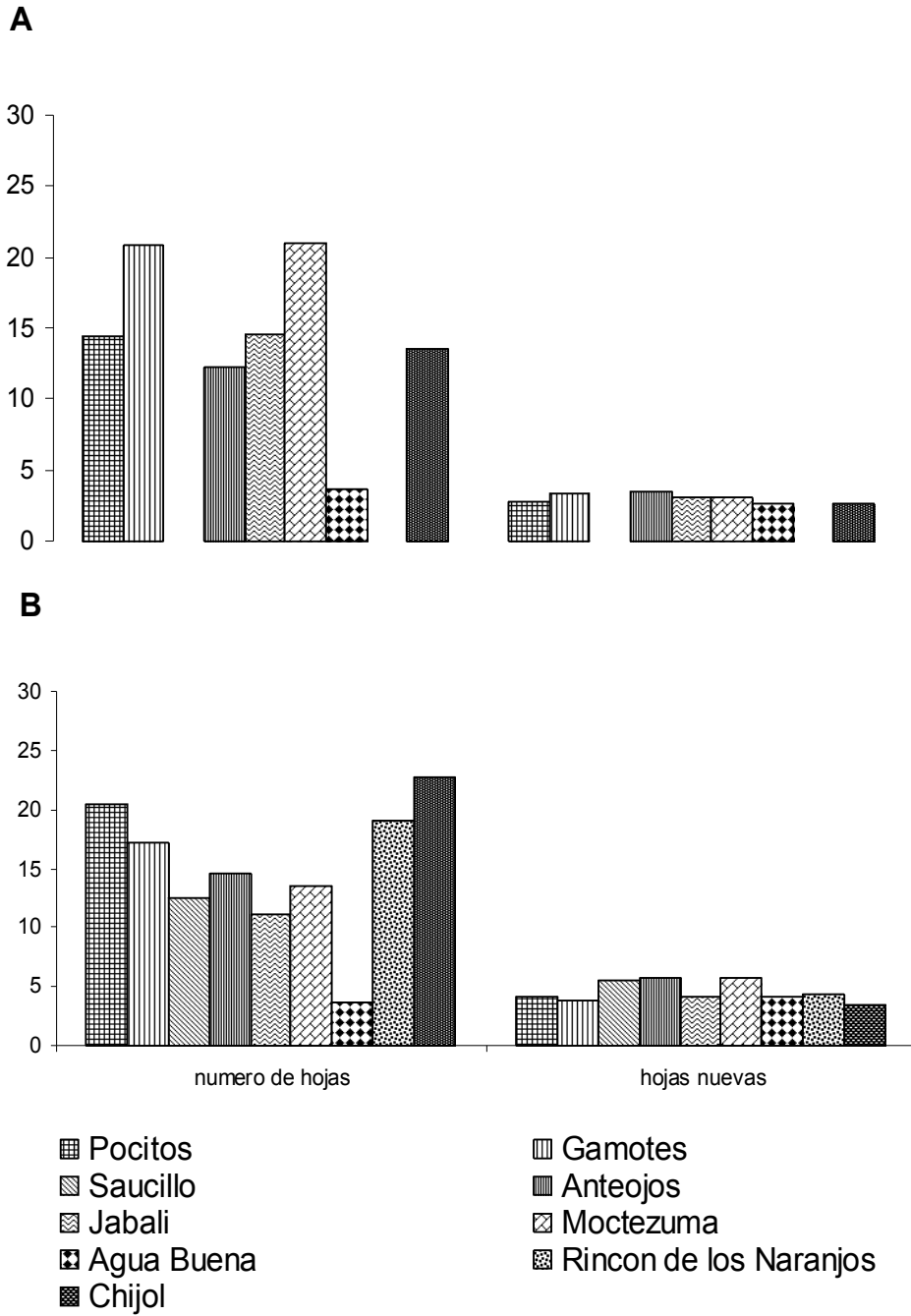


Figura 5. Número de hojas de las plantas, A = individuos no reproductivos, B = individuos reproductivos.

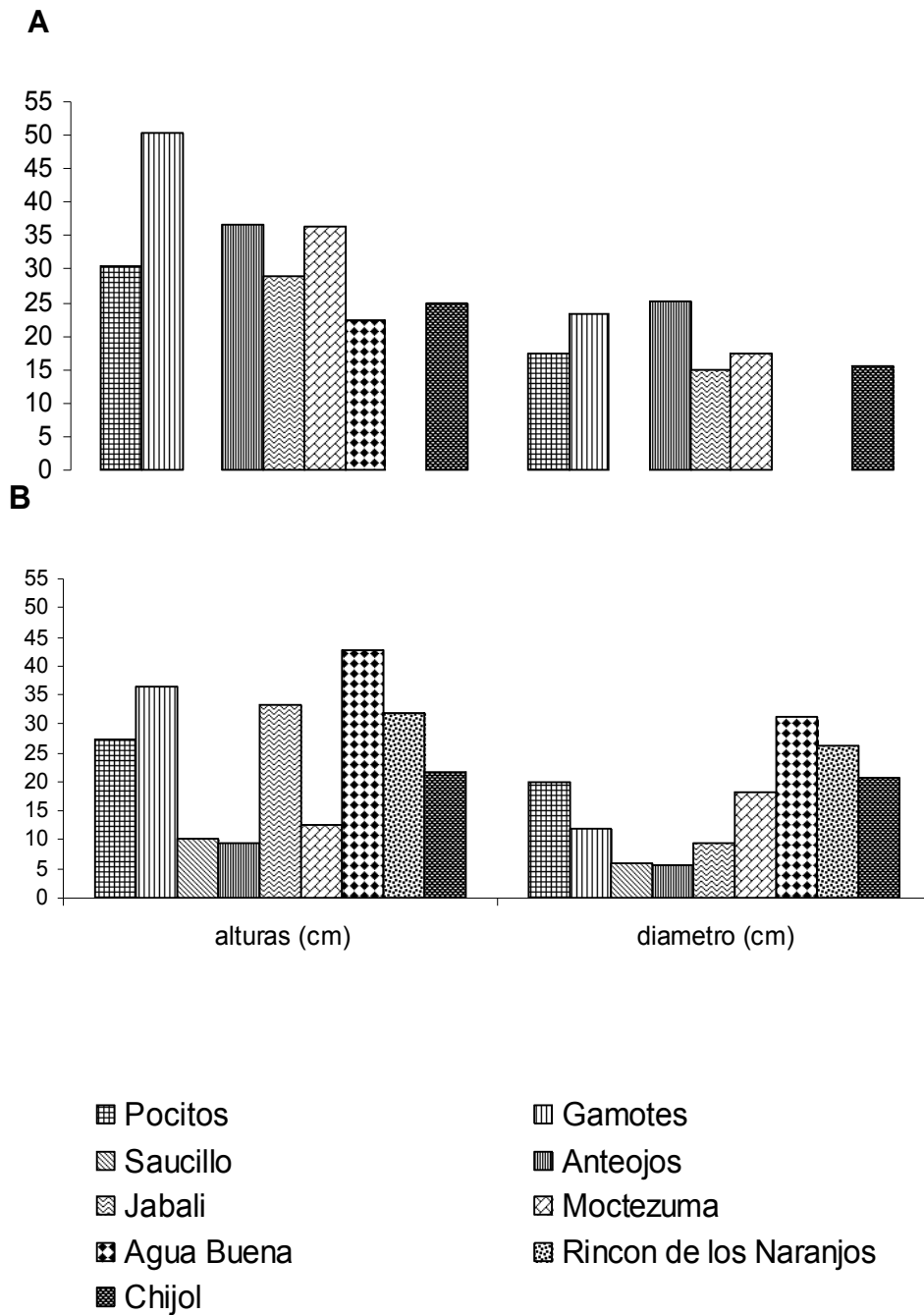


Figura 6. Diámetro y alturas de las plantas, A = individuos no reproductivos, B = individuos reproductivos.

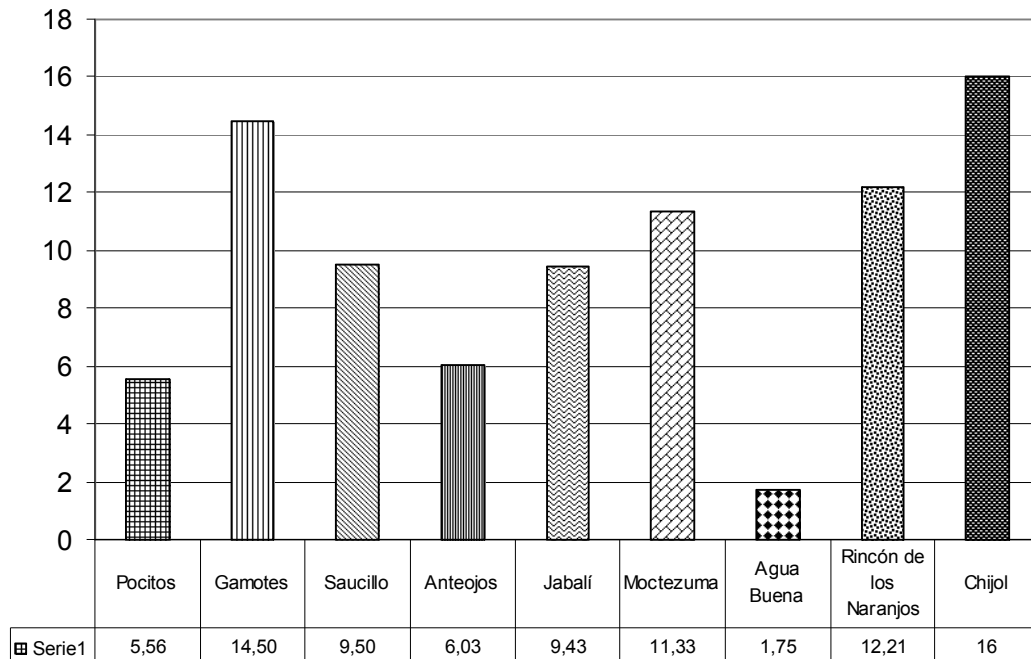


Figura 7. Distribución de acuerdo al número de hojas en individuos adultos que no mostraban tallo.

3.5 Tabla de vida

Las tablas de vida se construyeron a partir de las etapas fenológicas previamente establecidas (plántulas, juveniles, adultos no reproductivos y adultos reproductivos), sin diferenciar entre masculinos y femeninos en el caso de los adultos reproductivos, estableciendo también la clase de semillas. Los datos usados fueron obtenidos a partir de la estimación del número de individuos por hectárea, el número de semillas se estimó multiplicando el promedio de 200 semillas potenciales (escamas fértiles; $n= 11$ conos) reportado por Mora-Cardona (2010, datos sin publicar) por el número de individuos femeninos calculados por hectárea. En todos los casos se muestra una alta mortalidad de semillas, llegando a 99% en la comunidad de Rincón de los Naranjos, seguida de las comunidades de El Jabalí y Moctezuma. La tasa de mortalidad más baja para esta etapa fenológica corresponde a la comunidad de Antejos. Para el resto de las etapas

fenológicas, la tasa de mortalidad es relativamente constante y muy similar entre cohortes (Cuadro 6). Un comportamiento similar se ha observado para *Zamia debilis* (Negrón-Ortiz y Breckon, 1986), *Z. amblyphyllidia* (Negrón-Ortiz *et. al.*, 1996) y *Ceratozamia mirandae* (Pérez-Ferrera *et. al.*, 2006).

Cuadro 6. Tablas de vida de las localidades estudiadas.

Rincón de los Naranjos					El Jabalí			
Edad	n_x	l_x	dx	q_x	n_x	l_x	dx	q_x
Semilla	35000.00	1.00	0.99	0.99	20000.00	1.00	0.98	0.98
Plántula	225.00	0.01	0.00	0.33	400.00	0.02	0.01	0.56
Juvenil	150.00	0.00	0.00	-0.33	175.00	0.01	0.00	-0.43
Adulto nr	200.00	0.01	-0.01	-1.50	250.00	0.01	-0.01	-0.60
Adulto r	500.00	0.01	0.01	1.00	400.00	0.02	0.02	1.00
Gamotes					Saucillo			
Edad	n_x	l_x	dx	q_x	n_x	l_x	dx	q_x
Semilla	15000.00	1.00	0.87	0.87	15000.00	1.00	0.85	0.85
Plántula	1925.00	0.13	0.11	0.87	2225.00	0.15	0.12	0.81
Juvenil	250.00	0.02	-0.03	-2.00	425.00	0.03	0.00	0.00
Adulto nr	750.00	0.05	0.02	0.47	425.00	0.03	0.02	0.71
Adulto r	400.00	0.03	0.03	1.00	125.00	0.01	0.01	1.00

l_x → numero de sobrevivientes al inicio de cada intervalo de tiempo

dx → numero de muertos de cada intervalo de edad

q_x → tasa de mortalidad especifica

4. Análisis de las poblaciones de *Dioon edule* y las causas de su deterioro

4.1 Características del hábitat

4.1.1 Asociación con otras especies

Dioon edule es una especie umbrófila; inclusive se menciona que esta condición es indispensable para el establecimiento exitoso de las plántulas y su paso al estado juvenil (Vovides, 1990). Por esta razón es común que *D. edule* se encuentre asociada a sitios en donde la apertura del dosel es mínima o incluso nula. En el presente estudio se observó una gran acumulación de plántulas alrededor de la planta madre o de otras plantas adultas, así como alrededor de *Quercus laeta*, *Bursera simaruba*, las cuales proporcionan la sombra suficiente para su establecimiento, ya que los sitios estudiados en general presentan altos índices de luz sobre el suelo. También se observó que en los sitios en donde había señales de incendios recientes, las plántulas se encontraban alrededor de individuos de *Brahea dulcis*. Esta asociación se debe principalmente a que los polinizadores de *D. edule* se reproducen en esta especie.

En el caso de *Zamia skinneri* una vez alcanzada la edad adulta, es necesario un incremento de luz en su hábitat para continuar con su ciclo de vida, particularmente la producción de conos y la producción de hojas nuevas (Clark & Clark, 1988), lo que probablemente ocurre con *D. edule* como se observó en los sitios.

4.1.2 Suelo

Los suelos en donde se encuentran establecidas las poblaciones de *D. edule*, a lo largo de la Sierra Madre Oriental de San Luis Potosí, presentan características similares. De acuerdo con los resultados de los análisis realizados, en todos los casos se tiene una textura de arcilla. En campo se observó que estos suelos son poco profundos (5-10 cm) con exposición de rocas calizas.

Lo anterior apoya la hipótesis de Pérez-Ferrera & Vovides, (2004) quienes sugieren que las diversas especies de cycadas se han adaptado a hábitats peñascosos posiblemente como resultado

de la competencia con otras plantas, principalmente angiospermas (Pérez-Ferrera & Vovides, 2004). Este patrón también fue observado en *D. edule* de poblaciones del estado de Veracruz (Vovides, 1990).

4.2 Densidad de población

Los resultados obtenidos en el presente estudio sugieren que la poca humedad del suelo y alta exposición a la radiación solar provocada por la baja densidad de las copas de los árboles que habitan en esta zona, han generando una gran competencia entre los individuos por establecerse en los lugares con sombra. Vovides (1990), en un estudio similar realizado en el estado de Veracruz en donde debido a la presencia de humedad proveniente de la costa, las copas de los árboles son más densas, propiciando con esto una mayor humedad en el suelo, reportó una densidad de 0.4 ind. m⁻², el cual es muy superior a la densidad promedio de nuestro estudio.

Otro factor determinante en el desarrollo de las poblaciones de *D. edule* en la Sierra Madre Oriental de San Luis Potosí, es el deterioro de las selvas y bosques ocasionado por las actividades agropecuarias, que es considerado como el principal factor de la pérdida de la biodiversidad a nivel mundial (Donaldson, 2003). Entre las consecuencias de estas actividades podemos mencionar la fragmentación del hábitat provocando menor tasa de reproducción, menor capacidad de adaptación a los cambios ambientales en los diferentes fragmentos, y menor capacidad de establecimiento durante el paso de una etapa fenológica a otra, alterando la estructura de edades de la población (López-Gallego, 2008). En este estudio, esto se refleja en una baja densidad de individuos juveniles y adultos no reproductivos.

Además de las actividades agropecuarias, existen otros factores de riesgo que afectan el tamaño de las poblaciones de *D. edule*, como son el uso ornamental, alimenticio y medicinal que se le da a esta especie y en general a las especies de la familia Zamiaceae, provocando que el 89% de

estas poblaciones se encuentren en peligro de extinción, de acuerdo con la IUCN (López-Ovando y Treviño-Garza, 2008).

Respecto a la fecundidad, el estudio coincidió con un “año semillero”, es decir, con una producción extraordinaria de semillas, ya que se encontró un número muy elevado de individuos femeninos con conos, comparado con otros estudios realizados para diferentes especies de cycadas (Alejandre Rosas *et al*, 1990; Ornduff, 1990; Vovides, 1990; Watkinson y Powell, 1997; Nicolalde, 2001; Pérez-Ferrera y Vovides, 2004; Maturana y Palacios, 2005; Yáñez-Espinosa y Sosa-Sosa, 2007). Se desconoce por qué se presenta este fenómeno en un determinado año en las poblaciones, probablemente se relacione con factores climáticos o edáficos o inclusive con la presencia de incendios (Yáñez-Espinosa, 2006).

El efecto estimulante del fuego sobre la producción de conos, puede ser resultado de la producción de raíces coraloides, y su consecuente aumento en la fijación de nitrógeno atmosférico a través de la simbiosis que estas presentan con algas verde-azules (Ornduff, 1991), además de la disponibilidad de los nutrientes que se encuentran en forma de ceniza, y que son absorbidos mas fácilmente debido a la presencia de micorrizas en las raíces de *D. edule* (Vovides, 1990).

4.3 Distribución espacial

El patrón de distribución de las poblaciones de *Dioon edule* estudiadas fue agregado. Este patrón se debe principalmente a que el cono que mide en promedio 23 cm de largo por 30 cm de ancho y pesa 1616 g (n= 11 conos), permanece unido al tallo de la planta, ocasionando que la mayoría de las semillas, que miden en promedio 3.5 cm de largo por 2.5 cm de diámetro (n=11 conos), se dispersen alrededor de la misma. Sin embargo, en los lugares en donde la pendiente es pronunciada, la dispersión de algunas semillas es debida a la gravedad.

La producción de neurotoxinas tiene la función de regular las interacciones ecológicas de los productores, en este caso *D. edule*, con las plantas vecinas, parásitos, patógenos y principalmente con sus depredadores, los herbívoros (Schneider et al., 2002). Vovides (1992), menciona que el ratón *Peromiscus mexicanus* es el encargado de realizar la dispersión de las semillas de *D. edule* en poblaciones ubicadas en el estado de Veracruz, lo que hace suponer que este roedor tiene una especial tolerancia a estos neurotóxicos, sin embargo, durante el estudio no encontramos indicios de esta relación por lo que se requieren estudios enfocados a esta asociación.

4.4 Distribución temporal

La edad de la cycadas está correlacionada con su tamaño, sin embargo, su edad exacta no puede determinarse con precisión (Yáñez-Espinosa, 2006).

La tasa de crecimiento en altura es elevada durante el estado de plántula cuando esta se alimenta de las reservas del embrión; disminuye durante el estado juvenil cuando la producción de hojas es lenta y el crecimiento en diámetro es alto (Vovides, 1990).

Aunque las plantas femeninas y masculinas son aproximadamente iguales en tamaño y tal vez en edad, las femeninas contribuyen más en el esfuerzo reproductivo que las masculinas (Yáñez-Espinosa, 2006).

Durante el estado adulto, la incidencia de radiación solar se correlaciona con la producción de hojas y conos; no obstante, la producción de conos en los individuos femeninos detiene la producción de hojas nuevas, esto por la mayor asignación de recursos para el desarrollo del cono (Clark y Clark, 1987). Sin embargo, Clark y Clark (1992) mencionan que en el año anterior a la producción del cono, las plantas presentan un evento de producción de hojas, que puede ser de una o varias coronas, además de que la mayoría de los individuos no vuelven a producir hojas hasta un año después de la producción del cono, en el caso de los individuos masculinos, y dos

años, en los femeninos. Esta característica podría explicar la diferencia en el número de hojas presentes en los individuos reproductivos y no reproductivos.

4.5 Tablas de vida

Como ya se mencionó anteriormente, la edad de las cycadas es en general muy difícil de estimar en poblaciones naturales, por esta razón se tomó la decisión de construir las tablas de vida a partir de las etapas fenológicas y no de clases de edad, por lo cual no fue posible estimar la esperanza de vida de cada cohorte. Vovides (1990) construyó las tablas de vida para poblaciones de *D. edule* en el estado de Veracruz, a partir de clases de edad estimadas con tamaño del tallo de las plantas y el crecimiento anual (0.43cm año^{-1}), sin embargo, esta estimación no es muy precisa, ya que no se tiene conocimiento de algún modelo que indique el crecimiento constante en condiciones naturales para cycadas (Negrón-Ortiz, 1996); además, en los lugares en donde la pendiente es pronunciada, los individuos de *D. edule* tienden a postrarse debido al peso de las coronas de hojas y/o los conos pudiendo ser cubiertos por el suelo arrastrado por acción del aire o agua o incluso por rocas, ocultando su tamaño real.

Los valores negativos obtenidos en las tablas de vida, corresponden a la permanencia de los individuos pertenecientes a la cohorte adulta, así como a eventos extraordinarios de producción de semillas en años anteriores (Vovides, 1990), lo que sugiere que existen varias generaciones traslapadas.

Los estudios realizados empleando las matrices de proyección poblacional en diversas especies de cycadas, entre ellas *D. edule* en el estado de Veracruz, muestran que la supervivencia de los individuos adultos tiene mayor influencia sobre la permanencia de la población que la reproducción o el establecimiento, este patrón se presenta también en especies arbóreas, y es propio de especies con poblaciones remanentes, donde la alta supervivencia de individuos adultos le confiere a la población un mecanismo de persistencia (Cabrera-Toledo, 2009).

Cabrera-Toledo (2009) sugiere que los cambios en las condiciones ambientales en las que germinaron los individuos que ahora pertenecen a la cohorte adulta (fragmentación, deforestación), implican una alta mortalidad de plántulas debido a la exposición a periodos prolongados de sequía.

Otro factor que nos ayuda a entender estos números negativos, es la producción de bulbilos o brotes, encontrados principalmente en la comunidad de Anteojos. Estos clones pueden representar una estrategia efectiva cuando la reproducción por semilla y establecimiento de plántulas son difíciles, presentándose esta condición en ecosistemas con algún tipo de estrés y en bosques secundarios (Brenes-Cambronero & Di Stefano, 2006).

Este comportamiento facilita la efectiva y rápida propagación vegetativa en un medio poco favorable, asegurando el mantenimiento de las poblaciones vegetales secundarias (Brenes-Cambronero & Di Stefano, 2006).

Watkinson & Powell (1997) mencionan que la aparición de estos brotes en *Cycas armstrongii* ocurre generalmente después de los incendios, encontrándose alrededor de los tallos carbonizados.

Pérez-Ferrera *et al.* (2006), mencionan que al analizar semillas extraídas de un cono de *Ceratozamia mirandae*, encontró que algunas de estas presentan embriones inmaduros y por lo tanto un estado de latencia fisiológica que puede durar hasta un año, mientras el embrión madura. Sin embargo, durante este periodo, las semillas están expuestas a la depredación y deshidratación. Este hecho nos ayuda a entender la alta tasa de mortalidad de semillas que se registra en todas las poblaciones.

Se considera que la latencia de semillas es una estrategia de las plantas muy común en hábitats con algún tipo de estrés (Jurado & Moles, 2003; Jurado & Flores, 2005), similar a la estrategia de producción de bulbilos mencionada anteriormente.

Además de este fenómeno, la recolecta de semillas en las diferentes comunidades visitadas, tiene un impacto negativo sobre las poblaciones de *D. edule*, ya que impide el establecimiento de plántulas y por consiguiente la permanencia de la especie en la zona.

Conclusiones

- Se definieron las etapas fenológicas para la especie *Dioon edule* Lindl. de acuerdo con las características morfológicas de las plantas dividiéndose en: plántulas, juveniles, adultos reproductivos y adultos no reproductivos.
- La densidad de población va de los 775 ind ha⁻² hasta los 3775 ind ha⁻²; las alturas entre los individuos adultos oscilaron entre los 9 cm y los 42 cm, con diámetro máximo de 36 cm y mínimo de 5.5 cm, en estos casos se observó una relación directa entre ambas variables.
- Se confirmó la distribución agregada en todas las poblaciones generada por la germinación de las plántulas alrededor de plantas adultas y por la producción de bulbilos.
- Las poblaciones de *D. edule* Lindl. estudiadas se desarrollan en zonas en donde la vegetación predominante son la selva baja y el bosque de encino, así como en zonas ecotonales entre el bosque de encino y matorral submontano, presentando asociaciones con *Quercus laeta*, *Brahea dulcis* y *Bursera simaruba*, en estos lugares, los suelos son poco profundos con exposición de rocas calizas de textura arcillosa y con altos contenidos de Calcio.
- Las poblaciones de *D. edule* Lindl. se ven afectadas debido a la sequía, la baja humedad del suelo, las plagas (*Eumaeus spp.*), incendios, cambio de uso de suelo y el saqueo de plantas realizado en la zona.

Literatura citada

- Aguirre, F., D. 2004. Demografía y genética de poblaciones de *Zamia loddigesii* Miq. (Zamiaceae) en el centro de Veracruz. Tesis de licenciatura, Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México. 69 p.
- Alejandre, R. J. Sánchez A; M. Y., T. y Vázquez T M. 1990. Estructura poblacional de *Ceratozamia mexicana* BRONG. (Zamiaceae) en un bosque del centro de Veracruz. La Ciencia y El Hombre 1: 93-112.
- Anónimo 2002. NORMA OFICIAL MEXICANA. Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestre – Categorías de Riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, Segunda sección de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Anónimo, 2003. Síntesis Geográfica del estado de San Luis Potosí en formato digital. Dirección General de Geografía. INEGI ed. Aguascalientes, Ags, México. <http://www.inegi.gob.mx/>.
- Brenes-Cambronero, L. y Di Stefano J., F. 2006 Posible influencia de los rametes en la estructura poblacional y distribución del árbol gigante *Warszewiczia uxpanapensis*, cordillera de Tilarán, Costa Rica. Revista de Biología Tropical 54: 1179-1188.
- Cabrera, T., D., 2009. Biología poblacional de dos Cycadas mexicanas con distintos niveles de rareza. Tesis de doctorado, Instituto ecología A.C., Xalapa, Veracruz, México. 152 p.
- Caldato, S. L, Vera N. y Mac Donagh P. 2003. Estructura poblacional de *Ocotea puberula* en un bosque secundario y primario de la Selva Mixta Misionera. Ciencia Forestal, 13: 25-32.
- Clark, D. y D.B. Clark. 1987. Temporal and environmental patterns of reproduction in *Zamia skinneri*, a tropical rain forest cycad. Journal of Ecology 75:135-149.
- Clark D. y D.B. Clark. 1988. Leaf production and the cost of reproduction in the Neotropical rain forest Cycad *Zamia skinneri*. Journal of Ecology 76:1153-1163.

- Clark D. y Clark D.B. 1992. Leaf demography of a Neotropical rain forest Cycad *Zamia skinneri* (Zamiaceae). *American Journal of Botany* 79: 28-33
- De Luca, Sabato P; S. y Vázquez-Torres M. 1982. Distribution and variation of *Dioon edule* (Zamiaceae). *Brittonia*, 34: 355-362.
- Donaldson, J.S. (ed.). (2003). *Cycads. Status Survey and Conservation Action Plan*. IUCN/SSC Cycad Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. ix + 86 pp.
- Franco-López, J., De la Cruz-Aguero, G., Cruz-Gómez, A., Rocha-Ramírez, A., Navarrete-Salgado, N., Kato-Miranda, E., Flores-Martínez, G., Sánchez-Colón, S., Abarca-Arenas, L.G., Bedia-Sánchez, C.M. 1989. *Manual de Ecología* 2da. Ed., Trillas México. 266p.
- González-Astorga, J. Vovides A. P. e Iglesias C. 2003. Morphological and geographic variation of the cycad *Dioon edule* Lindl. (Zamiaceae): ecological and evolutionary implications. *Botanical Journal of the Linnean Society* 141:465-470.
- Hill, K.D., Stevenson D.W. y Osborne R. 2007. The World List of Cycads. Proceedings of the 7th International Conference on Cycad Biology (CYCAD 2005), Xalapa, Mexico, January 2005. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 97:454-483.
- IUCN Standards and Petitions Subcommittee. 2010. Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version . Prepared by the Standards and Petitions Subcommittee in March 2010. Downloadable from <http://intranet.iucn.org/webfiles/doc/SSC/RedList/RedListGuidelines.pdf>.
- Jurado E. y Flores J. 2005. Is seed dormancy under environmental control or bound to plant traits? *Journal of Vegetation Science* 16:559-564.
- Jurado E. y Moles A. T. 2003. Germination deferment strategies. In: Nicolás G.,Bradford K. J., Côme D., Curie M. & Pritchard H. W. (eds). *The Biology of Seeds: Recent Research Advances*. CABI Publishing, Wallingford, pp. 381-388.

- Keppel, G. 2001. Notes on the history of *Cycas seemanii* (Cycadaceae). *South Pacific Journal of Natural Science* 19:35-41.
- López-Gallego, C. 2008. Demographic variation in cycad populations inhabiting contrasting forest fragment. *Biodiversity Conservation* 17:1213-1225.
- López-Gallego, C. y O'Neil P. 2010. Life-history variation following habitat degradation associated with differing fine-scale spatial genetic structure in a rainforest cycad. *Population Ecology* 53:191-201.
- Maturana, M. F. y Palacios LL. J. 2005. Estructura poblacional de *Zamia chigua* Seem, una especie promisorio de Salero, Unión Panamericana (Chocó, Colombia) Memorias X seminario nacional IV internacional sobre especies promisorias, Medellín, Colombia, 29 al 31 de octubre de 2005, IPGR Universidad Nacional De Colombia
- Negrón-Ortiz, V. y Breckon G., J. 1989. Population structure in *Zamia debilis* (Zamiaceae) I. size classes, Leaf phenology and leaf turnover. *American Journal of Botany* 76: 891-900.
- Negrón-Ortiz, V., Gorchov D., L. y Breckon G., J. 1996. Population structure in *Zamia* (Zamiaceae) in northern Puerto Rico. II. Seed germination and stage-structured population projection. *International Journal of Plant Sciences* 157: 605-614.
- Negrón-Ortiz, V. y Gorchov D., L. 2000. Effects of fire season and post fire herbivory on the cycad *Zamia pumila* (Zamiaceae) in slash pine savanna, everglades, national park, Florida. *International Journal of Plant Sciences* 161: 659-669.
- Nicolalde, M. F. 2001. Ecología y taxonomía de Zamias en el Ecuador. Fundación Ecuatoriana para la Investigación y Desarrollo de la Botánica. Quito, Ecuador. Boletín 9
- Octavio-Aguilar, P. 2009. Demografía y genética de poblaciones para tres localidades de *Dioon edule* Lindl. (Zamiaceae) en el estado de Veracruz. Tesis de doctorado, Instituto de Ecología, A. C., Xalapa Veracruz, México.

- Odum, E., P. y Barret G.W. 2006. Fundamentos de Ecología 5ª. Ed. Thomson, México. 600 pp.
- Ordóñez-Cabezas, G. 2004. Pames. Serie Pueblos indígenas del México contemporáneo. Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. México D.F. 34 pp.
- Ornduff, R, 1989. Size classes, reproductive behavior, and insect associates of *Cycas media* (Cycadaceae) in Australia. *Botanical Gazette* 152:203-107.
- Pérez-Ferrera, M. A. and Vovides A. P. 2004. Spatial distribution, population structure, and fecundity of *Ceratozamia matudae* (Zamiaceae) in El Triunfo Biosphere Reserve, Chiapas, México. *The Botanical Review* 70:299-311.
- Pérez-Ferrera, M. A., Vovides A. P., Octavio-Aguilar P., González-Astorga J., de la Cruz-Rodríguez J., Hernández-Jonapá R. and Villalobos-Méndez S. M. 2006. Demography of the cycad *Ceratozamia mirandae* (Zamiaceae) under disturbed and undisturbed conditions in a biosphere reserve of Mexico. *Plant Ecology* 187:97-108.
- Schneider, D., Wink M., Sporer F. y Lounibos P. 2002. Cycads: their evolution, toxins, herbivores and insects pollinators. *Naturwissenschaften*, 89:281-294.
- Treviño-Garza, E., López-Ovando E; A. y López-Aguillon R. 2007. Distribución y relaciones ecológicas del chamal en la sierra de San Carlos, Tamaulipas. VIII Congreso Mexicano de Recursos Forestales, Memorias en extenso Sociedad Mexicana de Recursos Forestales.
- Vovides, A. P. 1990. Spatial distribution, survival, and fecundity of *Dioon edule* (Zamiaceae) in a tropical deciduous forest in Veracruz, Mexico, with notes on its habitat, *American Journal of Botany* 77:1532-1543.
- Watkinson, A. R. y Powell J. C. 1997. The life history and population structure of *Cycas armstrongii* in monsoonal northern Australia. *Oecologia*, 111:341-349.
- Yáñez-Espinosa, L. 2006. Las Cycadas Biología y Conservación en México. Departamento de Publicaciones, Dirección General de Difusión Cultural y Servicio, UACH. México. 193p.

Yáñez-Espinosa, L. y Sosa-Sosa F. 2007. Population structure of *Dioon purpusii* Rose in Oaxaca, México. *Neotropical biology and conservation*, 2:46-54.