UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

Región Poza Rica-Tuxpan

Maestría en Ciencias del Ambiente

Estudio poblacional de *Dioon edule* Lindl (Zamiaceae) en la comunidad de Ixcacuatitla municipio de Chicontepec, Veracruz

PRESENTA:

Biol. María Inés Osorio Antonio

Director:

Dra. Consuelo Domínguez Barradas

Co-director:

Dra. Maribel Ortiz Domínguez

Tuxpan, Ver. **Marzo, 2018**

Universidad Veracruzana

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

MAESTRÍA EN CIENCIAS DEL AMBIENTE

Revisión del Trabajo de Intervención de la alumna: BIOL. **María Inés Osorio Antonio**

JURADO EXAMINADOR

NOMBRE	FECHA	DICTAMEN	FIRMA
Ascención Capistrán Barradas	20-III-2018	Aprobada	Capistrán
Miguel Ángel Lozano Rodríguez	20/03/18	Aprobada	
Celina Naxel Avila	20/03/18	Aprobada	Celina Naxel

En la presente revisión se acordó que el Trabajo de Intervención denominado "**Estudio poblacional de *Dioon edule* Lindl (Zamiaceae) en la comunidad de Ixcacuatitla Municipio de Chicontepec, Veracruz**" que presenta la sustentante para obtener el Grado de Maestra, está terminado por lo que puede proceder a su inmediata impresión.

La presente tesis titulada: "**Estudio poblacional de *Dioon edule* Lindl (Zamiaceae) en la comunidad de Ixcacuatitla municipio de Chicontepec, Veracruz",** realizada por la C.Biol. María Inés Osorio Antonio, bajo la dirección de la Dra. Consuelo Domínguez Barradas y por la Codirección de la Dra. Maribel *Ortiz Domínguez ha sido revisada y aprobada como requisito parcial para obtener* el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS DEL AMBIENTE

Dra. Consuelo Domínguez Barradas

DIRECTOR

Dra. Maribel Ortiz Domínguez

CODIRECTOR

AGRADECIMIENTOS

A dios, por permitirme concluir una etapa más en mi carrera profesional.

A mis padres, hermanos y amigos, Javier, Francisca, Berto Fabían, Rubén, Ángel, Gerardo, José Luis, que me acompañaron y trabajaron conmigo en cada salida de campo. A la autoridad de la comunidad del Cerro Ixcacuatitla, en especial a Don Eulogio que en varias ocasiones nos acompañó como guía de campo.

A mi compañera y amiga de maestría Biol. Selene Santiago por sus consejos y apoyo moral incondicional. A mí ahora esposo Ing. Silvino Osorio por estar siempre conmigo.

A mis directoras de tesis, Dra. Consuelo Domínguez Barradas y Dra. Maribel Ortiz Domínguez, por sus comentarios y correcciones a mi trabajo. También al Dr. Francisco Limón por sus sugerencias y apoyo. A mi comisión revisora por las aclaraciones, dudas y correcciones, muchas gracias.

A CONACYT por la beca recibida, que por la cual pude realizar y concluir este trabajo.

Este trabajo es dedicado con mucho cariño para dos personas muy especiales, que son los pilares y mi fortaleza en este trayecto.

RESUMEN

Las cícadas pertenecen al grupo de plantas con semilla más antiguas del mundo, son dioicas, se caracterizan por su alta toxicidad en las frondas que forman coronas y con tallos de más de 4 m de altura. Actualmente las cícadas están amenazadas y en peligro de extinción por su importancia estética, cultural y biológica. El objetivo de este estudio fue determinar las características de una población de *Dioon edule* Lindl, en el cerro Ixcacuatitla, analizando la condición del hábitat, estructura y características morfométricas de las plantas. El hábitat fue descrito observando la vegetación, el terreno, tomando muestras de suelo, luminosidad y temperatura ambiental. La estructura fue determinada censando a los individuos y clasificándolos por etapas de crecimiento: plántulas, juveniles y adultos, a su vez, también se midieron 15 variables morfométricas de cada individuo. La densidad de la población es de 51 individuos por hectárea, la etapa con mayor frecuencia es la de adultos. De acuerdo a lo encontrado, se estima un asentamiento de plantas de *D. edule* por más de 1000 años en el cerro y su variación morfológica no cambia comparada con otras poblaciones del centro del estado de Veracruz. La población de *D. edule* en el cerro Ixcacuatitla es aislada y representa un primer registro para la zona norte del estado de Veracruz.

Palabras clave: *Dioon edule*, fronda, dioicas, cícada, población, Ixcacuatitla.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 3

2. ANTECEDENTES 5

3. OBJETIVO GENERAL 9

3.1 OBJETIVOS PARTICULARES 9

4. ÁREA DE ESTUDIO 10

5. MATERIAL Y MÉTODOS 13

5.1 Descripción de las condiciones del hábitat de *Dioon edule* Lindl en la comunidad de Ixcacuatitla 13

5.2 Descripción de la estructura de la población de *Dioon edule* Lindl en la comunidad de Ixcacuatitla 16

5.3 Evaluación de las características morfológicas de la población de *Dioon edule* Lindl en la comunidad de Ixcacuatitla 17

6. RESULTADOS 21

6.1 Descripción de las condiciones del hábitat de *Dioon edule* en la comunidad de Ixcacuatitla 21

6.1.1 Suelo 21

6.1.2. Luminosidad 23

6.1.3. Descripción del sitio de estudio 24

6.2 Descripción de la estructura poblacional de *Dioon edule* en la comunidad de Ixcacuatitla 26

6.2.1 Densidad de la población 26

6.3 Evaluación de las características morfológicas de la población de *Dioon edule* Lindl en la comunidad de Ixcacuatitla 27

6.3.1. Tabla de vida de *Dioon edule* 32

7 DISCUSIÓN 34

7.1 La densidad de *Dioon edule* 34

7.2. Hábitat de *Dioon edule* 35

7.3. Variación morfológica de *Dioon edule* 37

8. CONCLUSIONES 40

9. APLICACIÓN PRÁCTICA 41

10. BIBLIOGRAFÍA 42

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis físico-químico de suelo..... … 15

Cuadro 2. Etapa de crecimiento de *Dioon edule* Lindl según Rubio (2010)….. … 16

Cuadro 3. Estimación de edad (años) de *Dioon edule* Lindl (Vovides y Peters 1987).....19

Cuadro 4. Tabla de vida de *Dioon edule* utilizada por Vovides (1990), calculada a partir de la estimación de edad……20

Cuadro 5. Análisis edafológico donde habitan las plantas de *Dioon edule* en el cerro Ixcacuatitla. .....……22

Cuadro 6.Luminosidad promedio registrada para *Dioon edule* en el cerro Ixcacuatitla……... 24

Cuadro 7. Valores promedio y desviación estándar de 130 individuos de *Dioon edule* en el cerro Ixcacuatitla……..……..…..……..……... 27

Cuadro 8. Valores máximo y mínimo de características principales de *Dioon edule* en el cerro Ixcacuatitla…….…….…….. 29

Cuadro 9. Tabla de vida de *Dioon edule* en el cerro Ixcacuatitla de acuerdo a Vovides y Peters (1987)……32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la localización del área de estudio Ixcacuatitla, Chicontepec, Veracruz 11

Figura 2. Microlocalización del cerro Ixcacuatitla Chicontepec. 12

Figura 3. Modelo de elevación digital del cerro Ixcacuatitla Chicontepec. 12

Figura 4. *Dioon edule* en el cerro Ixcacuatitla, Chicontepec, Veracruz……17

Figura 5. Porcentaje de materia orgánica encontrado en el análisis edafológico del cerro Ixcacuatitla…….. 23

Figura 6. Total de individuos de *Dioon edule* medidos en el cerro Ixcacuatitla…….….26

Figura 7. Correlación de Pearson entre la cantidad de frondas y diámetro del tallo para *Dioon edule* en Ixcacuatitla, Veracruz 30

Figura 8. Correlación de Pearson entre la altura del tallo y diámetro del tallo para *Dioon edule* en Ixcacuatitla, Veracruz 31

1. INTRODUCCIÓN

Las cícadas forman parte de las plantas más antiguas que se conocen en la actualidad, están clasificadas dentro del grupo de las gimnospermas (Nicolalde-Morejón *et al.,* 2013) y fueron de las primeras plantas con semilla. Actualmente están divididas en tres familias (Cycadaceae, Stangeriaceae y Zamiaceae). La mayoría de las especies de cícadas son arborescentes y son confundidas con palmas y helechos (Vovides, 2000).

México es el segundo país con mayor riqueza en especies, 20% de las especies del mundo y de las cuales el 80% son endémicas (Vite *et al.,* 2013). Las cícadas se distribuyen en las regiones tropicales y subtropicales del mundo, actualmente con 331 especies catalogadas a nivel mundial (Osborne *et al*., 2012). Son de las plantas más amenazadas por la colecta ilegal de las especies como plantas de ornato, la destrucción de sus hábitats y el lento crecimiento de las plántulas, son los principales motivos que las ponen en peligro de extinción (Stevenson *et al*., 1995).

El género *Dioon* para México es endémico y se encuentra distribuido en los estados de Sinaloa, Durango, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Tamaulipas, Veracruz y Chiapas (Nicolalde-Morejón *et al*., 2009). Las especies que se desarrollan en el norte del país se localizan en cerros y cañones muy inaccesibles por sus pendientes en la Sierra Madre Oriental, en donde conviven con especies de pinos y bosques de pino-encino (Vovides, 2000). Estas poblaciones se han evaluado demográficamente (Rubio-Méndez, 2010).

La demografía analiza parámetros básicos como: natalidad, mortalidad, inmigración y emigración y ordena aquellas unidades poblacionales tales como: número de individuos, sexos, edad y clases por tamaño (Metcalf y Pavard, 2007), con los datos se permite conservar estas especies en programas de conservación y manejo (Rubio-Méndez, 2013).

De acuerdo a la bibliografía, las cícadas son una de las familias botánicas más amenazadas y en peligro de extinción considerada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y Recursos Naturales (IUCN), protegidas por la convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES) y en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, *Dioon edule* es considerada como especie en peligro de extinción.

Es importante estudiar y proteger a las cícadas, debido a que biológicamente representan una de las familias con mayor periodo evolutivo por ser una de las primeras plantas con semilla, *Dioon edule* Lindl., es una cícada que ha adquirido un valor cultural y ornamental, por lo que en el norte del estado de Veracruz en el cerro Ixcacuatitla, Chicontepec, se evaluó el estado de conservación de una población de *D. edule*, este trabajo aporta información acerca del tamaño y las características físico-ambientales donde se están desarrollando. Será necesario informar acerca de la importancia que representan estas plantas para posibles programas de conservación en el área de estudio, ya que para el norte del estado es un primer registro.

2. ANTECEDENTES

Los estudios poblacionales pueden considerar parámetros como crecimiento, estado reproductivo, sexo, tamaño entre otros (Lázaro-Zermeño, 2011). Rubio (2010), en San Luis Potosí, analizó la distribución de *Dioon edule* Lindl de nueve poblaciones, utilizando métodos de intersección en línea. Determinó diferencias en la densidad poblacional y las tablas de vida indicaron que en las poblaciones se encuentran varias generaciones traslapadas debido a la permanencia de individuos adultos.

Rubio (2013) también estudió cinco poblaciones de *D. edule* ubicadas en un gradiente altitudinal en la sierra Madre Oriental para conocer su estructura donde no encontró una estructura definida entre las poblaciones debido a un efecto de amortiguamiento generado por la longevidad de esta especie.

Para la especie de *Dioon edule* en Veracruz, Octavio-Aguilar (2009) estudió la demografía en tres localidades: Monte Oscuro, El Farallón y Rancho el Niño, encontrando que la densidad y la distribución espacial de los individuos fueron distintas en cada etapa de crecimiento. El componente de elasticidad más importante fue la permanencia de las plantas adultas, en tanto que la fecundidad no tuvo efecto sobre las poblaciones.

En el caso de las plántulas de *D. edule*, Vovides (1990) menciona que tienen alta mortalidad, al igual que las semillas y que la especie presentará bajos índices de crecimiento poblacional. Por lo tanto su dinámica poblacional podría verse

afectada por los diferentes grados de perturbación ambiental (Octavio-Aguilar *et al*., 2008).

González- Astorga *et al* (2003) mencionan que posiblemente existe una relación en cuanto a la distribución geográfica y la variación morfológica de las frondas de *D. edule*., en su estudio realizado se midió el ancho y largo de los foliolos en plantas distribuidas en cinco poblaciones El coeficiente de correlación entre las poblaciones, mostró relación entre las variables

La especie *Dioon merolae*, es una especie arborescente, con tallos curvados posiblemente por fototropismo (González-Espinosa *et al*., 2011) y este efecto se ha estudiado en poblaciones relictuales en Chiapas, estimando el ambiente lumínico de las plantas en montículos con inclinación de la ladera y reportaron que la mayoría de las plantas de mayor tamaño, se encontraron en laderas con orientación noroeste, por tanto se propuso que la distribución espacial y la inclinación de los tallos de *D. merolae* pueden ser adaptativos sobre gradientes lumínicos.

Dioon merolae también fue estudiada en el mismo estado de la República Mexicana dentro de poblaciones que se aprovechan para ceremonias religiosas (Lázaro-Zermeño, 2011). Se evaluó el efecto de la cosecha sobre los atributos individuales de crecimiento, supervivencia y reproducción, la estructura poblacional y la tasa finita de crecimiento poblacional y que estos fueron menores en el sitio anualmente aprovechado. La longitud de las frondas, el área foliar y la producción de conos y semillas en los individuos sometidos a defoliación fueron

afectadas, mientras que la defoliación no tuvo efectos negativos sobre el crecimiento, la mortalidad y la producción de frondas y plántulas.

Dioon holmgrenii fue estudiada para conocer su estructura con fines de conservación, es endémica del estado de Oaxaca. Se establecieron unidades de muestreo donde estimaron las densidades en sitios conservados y sitios con algún tipo de cambio, mencionan que las actividades como la agricultura y la ganadería provocan la disminución de la densidad de las plantas, las plántulas y los individuos juveniles son más propensos a las afectaciones por estas actividades (Velasco-García *et al*., 2016).

López (2002) estudió a *Dioon edule,* en la sierra de Chiapas para conocer la estructura de la población y las relaciones ecológicas, para fines de conservación de la especie. Se observó que existe mayor densidad de individuos en áreas abiertas que en áreas cerradas, determinando que la luminosidad influye en el crecimiento de las plantas.

En el estado de Veracruz la mayoría de los trabajos poblacionales a la familia Zamiaceae se han realizado en el centro del estado en los géneros *Zamia* y *Ceratozamia* (Vásquez-Torres *et al*., 2001, Pérez-Farrera y Vovides, 2004, Baldo-Romero *et al*., 2013, Rivera-Fernández, 2012, Meza, 2014) en la zona norte no se tiene registro de estudios poblacionales de *D. edule*.

El municipio de Chicontepec, ubicado en la zona norte del estado de Veracruz, en la localidad de Ixcacuatitla existe una población de *Dioon edule,* de ahí el interés de estudiarla, debido que aparentemente es muy antigua por sus asentamientos

registrados de más de 2500 años en algunas regiones (Vovides y Peters, 1987) y que no está descrita para el norte del estado, de aquí la importancia de su revisión para conocer las condiciones actuales de dicha población y a partir de este realizar las aplicaciones necesarias para su cuidado y manejo considerando que es una especie en peligro de extinción.

3. OBJETIVO GENERAL

Determinar las características de la población de *Dioon edule* Lindl., (Zamiaceae) en la comunidad de Ixcacuatitla Municipio de Chicontepec Veracruz.

3.1 OBJETIVOS PARTICULARES

Describir las condiciones del hábitat de *Dioon edule* Lindl en la comunidad de Ixcacuatitla.

Evaluar las características morfométricas de la población de *Dioon edule* Lindl en la comunidad de Ixcacuatitla.

Describir la estructura de la población de *Dioon edule* Lindl en la comunidad de Ixcacuatitla.

4. ÁREA DE ESTUDIO

La comunidad de Ixcacuatitla se localiza en el Municipio de Chicontepec, encontrándose en las coordenadas: 20°90’83” Longitud Norte y 98°02’19” Latitud Oeste, a una altura aproximada de 480 msnm. El área de estudio se delimitó realizando la prospección del área donde se distribuye la especie a una altura entre 546 a 964 msnm, mientras que el cerro cuenta con una altura de más de 300 m, con ayuda del programa Arcgis 10 y con sus herramientas ArcMap y ArcScene se elaboraron las figuras 2 y 3. El clima en este municipio corresponde a 26.1 ° C de la temperatura promedio anual y su precipitación promedio anual de 1, 562.6 mm (INEGI, 2010).

La vegetación presente en este municipio corresponde a bosque tropical perennifolio y selva mediana subperennifolia (Rzedowski, 1992). Esta selva varía de 15 a 30 m de altura y del 25 al 50% de las especies que la constituyen pierden sus frondas en la época seca del año (Sosa, 2013). Su suelo es de tipo regosol y vertisol, se caracteriza por no presentar capas de arcilla. El 65 % del territorio municipal es dedicado a la ganaderia, un 25% a la agricultura, 5 % es de superficie forestal y un 5 % se destina a la población rural, urbana, carreteras y cerros (Santillán-Piña y Aguayo, 2011).

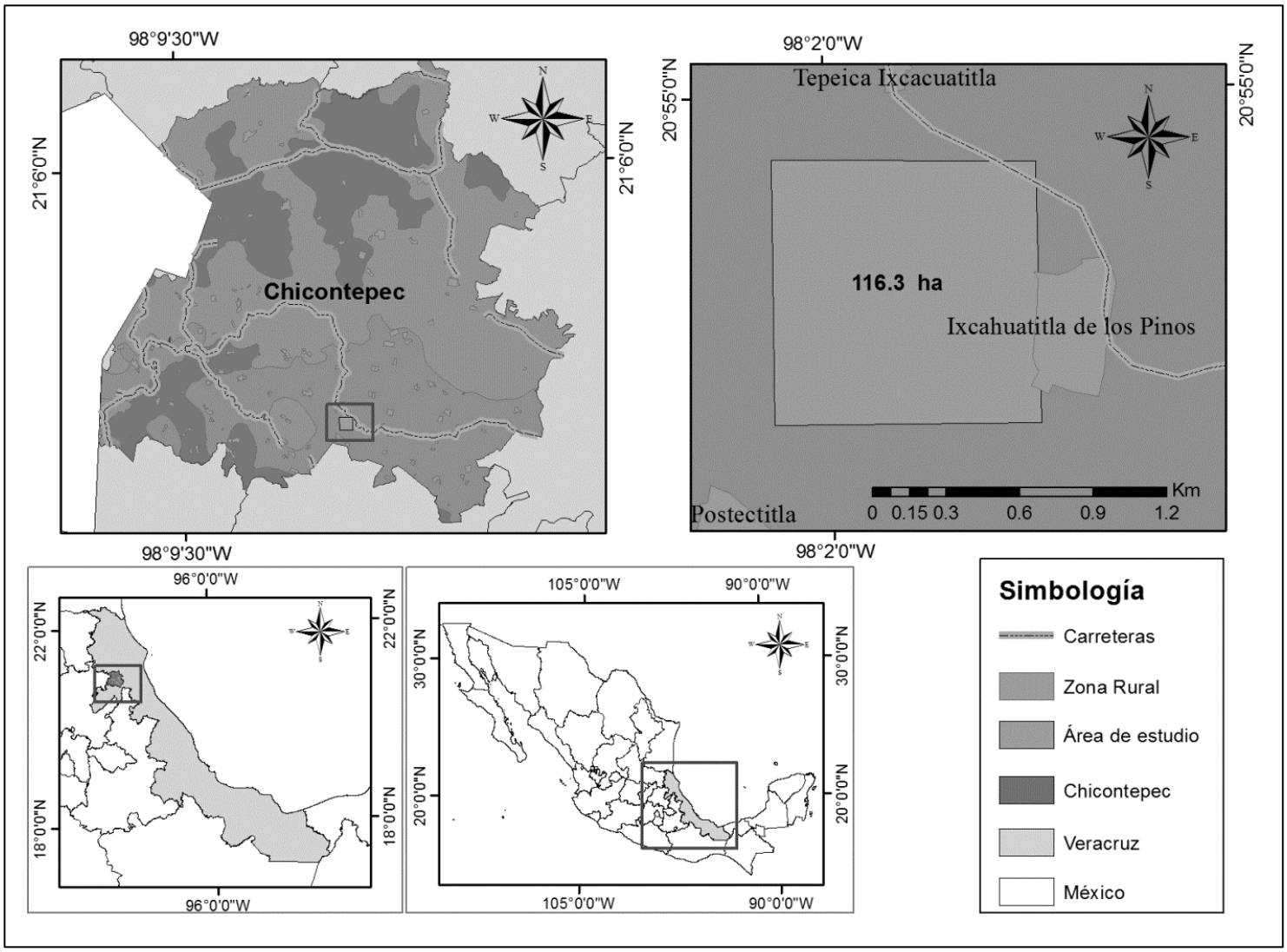

Figura 1. Mapa de la localización del área de estudio Ixcacuatitla, Chicontepec, Veracruz

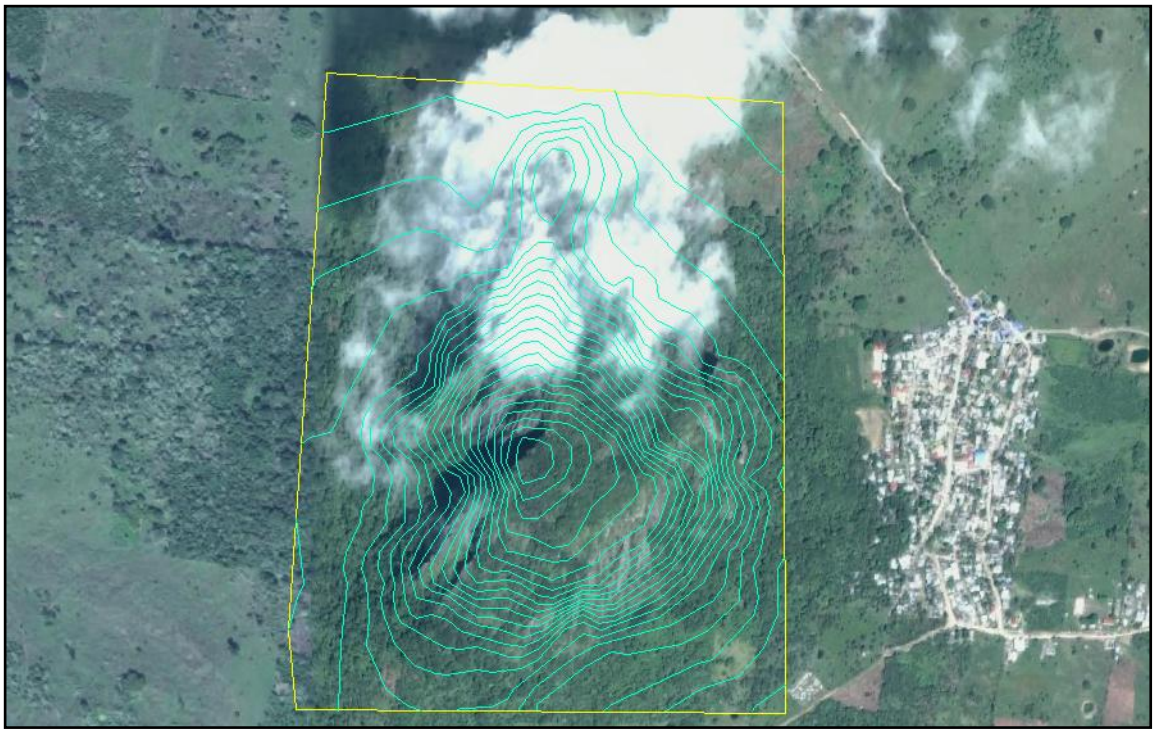

Figura 2. Microlocalización del cerro Ixcacuatitla Chicontepec.

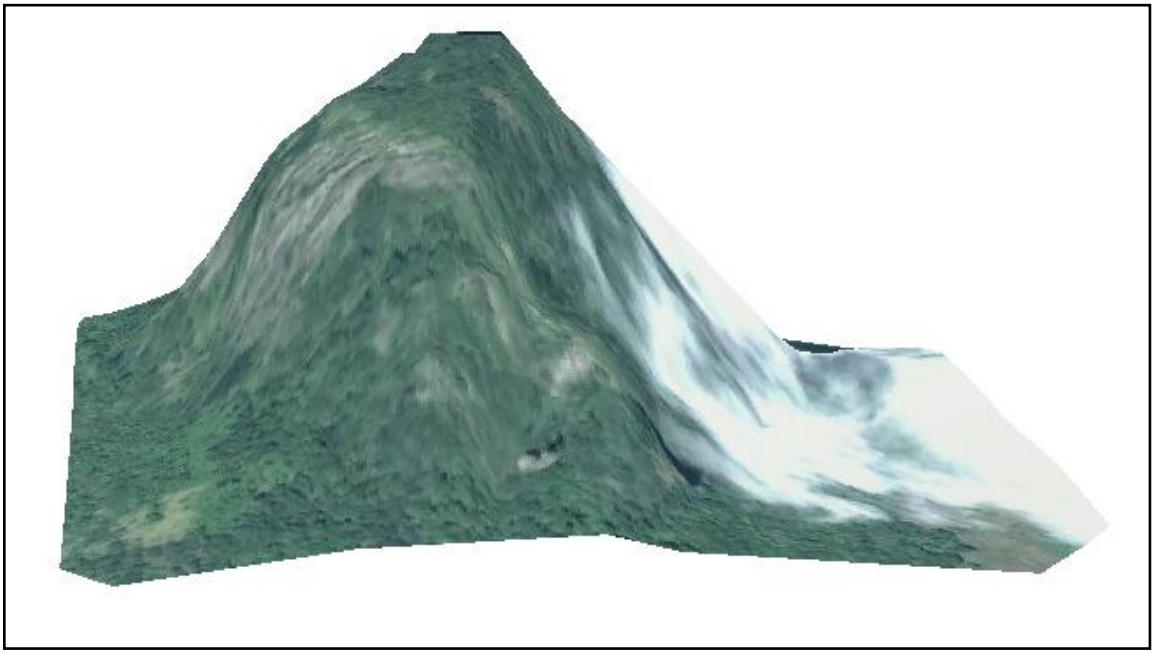

Figura 3. Modelo de elevación digital del cerro Ixcacuatitla Chicontepec

5. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1 Descripción de las condiciones del hábitat de *Dioon edule* Lindl en la comunidad de Ixcacuatitla

Se realizaron recorridos desde diciembre 2015 hasta diciembre 2016. Las salidas al campo fueron efectuadas una vez al mes. Durante los recorridos se revisó la vegetación para detectar a los individuos y aquellas especies asociadas a *D. edule*, fueron registradas en la bitácora de campo cuando fue posible reconocerlas y cuando esto no fue posible, fueron colectadas para realizar su determinación en el herbario de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, al mismo tiempo con la ayuda de fotografías y con la guía de identificación de plantas tropicales de Bärtels (2005), también bases de datos (CONABIO, Trópicos) y las claves de identificación, fueron determinándose las especies vecinas que conviven con *D. edule* en el sitio donde fue localizada la especie.

Posteriormente, se realizaron mediciones de la luminosidad con un luxómetro (Light Meter Lux/FC 840020), los datos fueron obtenidos en la parte noreste y noroeste de la base del cerro, tomando tres lecturas en ambos lados del cerro desde que se perciben los primeros rayos de luz, a las 12 de día y hasta que se oculta el sol (en cada salida de campo mientras había luz solar), obteniendo así las horas luz que obtienen durante el día las plantas de *D. edule*. Al mismo tiempo de toma de datos de la luminosidad, fue registrada la temperatura ambiental con un termómetro marca Branner 60°C-10°C.

Las muestras de suelo se tomaron en tres diferentes puntos del cerro, en la base (Sitio 1), parte media (Sitio 2) y parte alta (Sitio 3), de manera dirigida fueron extraídas manualmente cerca de las plantas cinco muestras en cada sitio, a una profundidad de 15 a 20 cm. Las muestras fueron selladas en bolsas plásticas, después las cinco muestras de cada sitio fueron combinadas para una muestra compuesta de un kilogramo, obteniendo así tres diferentes. Posteriormente las tres muestras fueron selladas y etiquetadas para su traslado al laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Veracruzana para realizar un análisis completo del suelo (Maruri y Rodríguez, 2012). A partir de la muestra se evaluaron las siguientes características como se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Análisis físico-químico de suelo.

Análisis físico
Arena (%)
Arcilla (%)
Limo (%)
Clase textural
Densidad aparente (g/cm^3)
Conductividad eléctrica (µS)
Salinidad (µS)
Análisis químico
pH
Carbonatos (%)
Caliza activa (%)
Materia orgánica (%)
Nitrógeno total (ppm)
Fósforo (ppm)
Potasio (ppm)
Calcio (ppm)
Magnesio (ppm)
Manganeso (ppm)
Aluminio (ppm)
Hierro (ppm)
Cloruros (ppm)
Sulfatos (ppm)
Capacidad de intercambio Catiónico (eq/100g)

5.2 Descripción de la estructura de la población de *Dioon edule* Lindl en la comunidad de Ixcacuatitla

Realizando un censo a través de los sitios accesibles y tomando datos morfométricos para aquellos individuos de *D. edule* observados. Durante el censo fueron registrados todos los individuos para obtener el número total que conforman la población, debido a la pendiente de 80° y 85° del cerro que impide el fácil acceso a los ejemplares fue realizado el conteo de individuos a través de imágenes, tratando de no contar más de una vez a los individuos que no pudieron ser medidos y sobreestimar a la población. De aquellos que fueron registrados, se clasificaron en tres etapas de crecimiento de acuerdo al Cuadro 2. Los datos anteriores son para determinar la densidad poblacional de la siguiente manera:

Densidad poblacional=número de individuos/superficie del área.

Cuadro 2. Etapa de crecimiento de *Dioon edule* Lindl según Rubio (2010).

Etapa de crecimiento	Descripción
. Plántulas	Individuos que presenten una o más frondas 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.

5.3 Evaluación de las características morfológicas de la población de *Dioon edule* Lindl en la comunidad de Ixcacuatitla

Las características morfométricas de la especie se tomaron en campo. Se registraron los siguientes datos a cada uno de los individuos localizados: altura total de la planta (de la base del suelo hasta la última corona de frondas), altura del tallo (de la base del suelo hasta la base del peciolo), diámetro del tallo, número de coronas, número total de frondas, longitud de la fronda, ancho de la fronda (una fronda al azar, de la parte media), pares de foliolos, longitud del foliolo (foliolo de la parte media de la fronda), ancho del foliolo, diámetro del peciolo, la distancia del peciolo al primer par de foliolos, número de frondas nuevas, número de frondas incompletas y número de cicatrices foliares.

Figura 4. *Dioon edule* en el cerro Ixcacuatitla, Chicontepec, Veracruz.

Las mediciones fueron realizadas con una cinta métrica. En total se registraron 15 variables morfométricas y los datos se almacenaron en hojas de campo para posteriormente ser procesadas. Adicionalmente fue observado la condición de la planta, el tipo de daño de las plantas más accesibles y las frondas que son las más propensas a daños que el tallo.

Los datos se analizaron en Excel para obtener promedios totales y desviaciones estándar, para la elaboración de gráficas y así comparar las variables. Una vez analizadas las características morfométricas se elaboraron correlaciones de Pearson para observar si existe alguna relación estadísticamente significativa entre las variables (Número de frondas-diámetro del tallo y altura del tallo-diámetro del tallo) y una tabla de vida de acuerdo a Vovides y Peters (1987).

El cuadro 3 se observa la metodología (modificada por Vovides y Peters 1987 y por Chamberlain, 1911), para la estimación de edad de *D. edule* la cual toma en cuenta la variabilidad en la producción de frondas de las plántulas, juveniles y adultas con relación a las cicatrices foliares del tallo.

Cuadro 3. Estimación de edad (años) de *Dioon edule* Lindl (Vovides y Peters 1987).

Grupo de altura (cm)	Número de bases de frondas	Aumento de número de bases	Producción frondas/año grupo	Permanencia en el grupo	Edad
0-5	12.3		1.06	11.6	11.6
6-10	119.3	107	1.00	107	118.6
11-20	301.3	182	1.44	126.4	245
21-30	1060	758.7	2.63	288.5	533.5
31-40	1498.3	438.3	5.67	77.3	610.8
41-70	2041.2	542.9	5.75	94.4	705.2
71-100	3585.6	1544.4	7.6	203.2	908.4
101-200	7713.1	4127.5	10.00	412.8	1321.2
210-300	21521.7	13808.6	11.00	1255.3	2576.5

La primera columna muestra los grupos según su altura, la segunda proporciona el promedio del número de bases de frondas contadas, la tercera el aumento de bases de frondas del grupo anterior; por ejemplo: 119.3-12.3=107.0 en el caso de los dos primeros grupos. La cuarta, contiene el promedio de frondas producidas anualmente por cada grupo, la quinta, indica el número de años que permanece una planta en un grupo determinado y la última columna el cálculo de edad de las plantas, se obtiene sumando el tiempo de permanencia en este grupo con la edad total del grupo anterior. Por ejemplo: en el tercer grupo de altura (11-20 cm):126.4+118.6=245 años.

Con base al cuadro tres de la estimación de edad, se elaboró una tabla de vida (cuadro 4) de acuerdo a Vovides (1990) de individuos adultos que presentan tallo,

la primera columna es la clase de edad, con un intervalo de 250 a 1250 años. La segunda es el número de individuos en cada clase de edad (Nx) representa el número total de individuos localizados y medidos del tallo. La tercera es el número de individuos que muere durante el intervalo de edad (Lx) y se obtiene dividiendo el número de individuos de cada clase de edad entre el número de la primera edad 1. La cuarta es el número de individuos que muere durante el intervalo de edad (Dx) se resta el número de sobrevivientes en la edad Nx+1 al número de sobrevivientes que había en la edad previa Nx. La última columna es la tasa de mortalidad (Qx) y se obtiene dividiendo la columna Dx entre el valor de Nx.

Cuadro 4. Tabla de vida de *Dioon edule* utilizada por Vovides (1990), calculada a partir de la estimación de edad.

Clase de edad (Años)	**Nx**	**Lx**	**Dx**	**Qx**
	(Número de individuos en cada clase de edad) **(No)**	(Número de individuos que sobreviven hasta la edad) **(Nx/No)**	(Número de individuos que muere durante el intervalo de edad) **(Nx - Nx +1)**	(Tasa de mortalidad) **(Dx / Nx)**
0-250				
251-500				
501-750				
751-1000				
1001-1250				

6. RESULTADOS

6.1 Descripción de las condiciones del hábitat de *Dioon edule* en la comunidad de Ixcacuatitla

6.1.1 Suelo

El análisis edafológico muestra que existen diferencias en algunos componentes del suelo. La proporción de arena del sitio 1 es de 79.07% en la parte baja del cerro, que difiere del sitio 2 y 3 (66.04 y 67.32 %, respectivamente). La arcilla en concentraciones de 7% (sitio 1), 3.08% (sitio 2) y 17.24% (sitio 3). El limo en proporciones de 13.96%, 30.88% y 15.44% respectivamente (Cuadro 5). Se determinaron dos tipos de clase textural, los sitios 1 y 2 son areno francoso que difieren del sitio 3 que corresponde a franco arenoso. El pH en los tres sitios fue de 7.31, 6.69 y 7.17, la cantidad de materia orgánica mostró proporciones de 4.4% en el sitio 1, mientras que en el sitio 2, 6.03% y de 7.71% en el sitio 3 (figura 5).

Cuadro 5. Análisis edafológico donde habitan las plantas de *Dioon edule* en el cerro Ixcacuatitla.

Análisis físico	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3
Arena (%)	79.07	66.04	67.32
Arcilla (%)	7	3.08	17.24
Limo (%)	13.96	30.88	15.44
Clase textural	Areno francoso	Areno francoso	Franco arenoso
Densidad aparente (g/cm^3)	1.25	1.1	0.9
Conductividad eléctrica (µS)	159.70	147.17	129.67
Salinidad (%)	0.9	0.8	0.07
Análisis químico			
pH	7.41	6.69	7.17
Carbonatos (%)	18.95	14.3	14.7
Caliza activa (%)	9.48	7.15	7.35
Materia orgánica (%)	4.4	6.03	7.71
Nitrógeno total (ppm)	22	30.2	38.5
Fósforo (ppm)	5	5	5
Potasio (ppm)	140	140	200
Calcio (ppm)	1000	1000	1000
Magnesio (ppm)	10	10	10
Manganeso (ppm)	5	5	5
Aluminio (ppm)	2.5	5	5
Hierro (ppm)	5	12.5	25
Cloruros (ppm)	25	25	25
Sulfatos (ppm)	50	50	50
Capacidad de intercambio Catiónico (eq/100g)	20.6	20.6	20.76

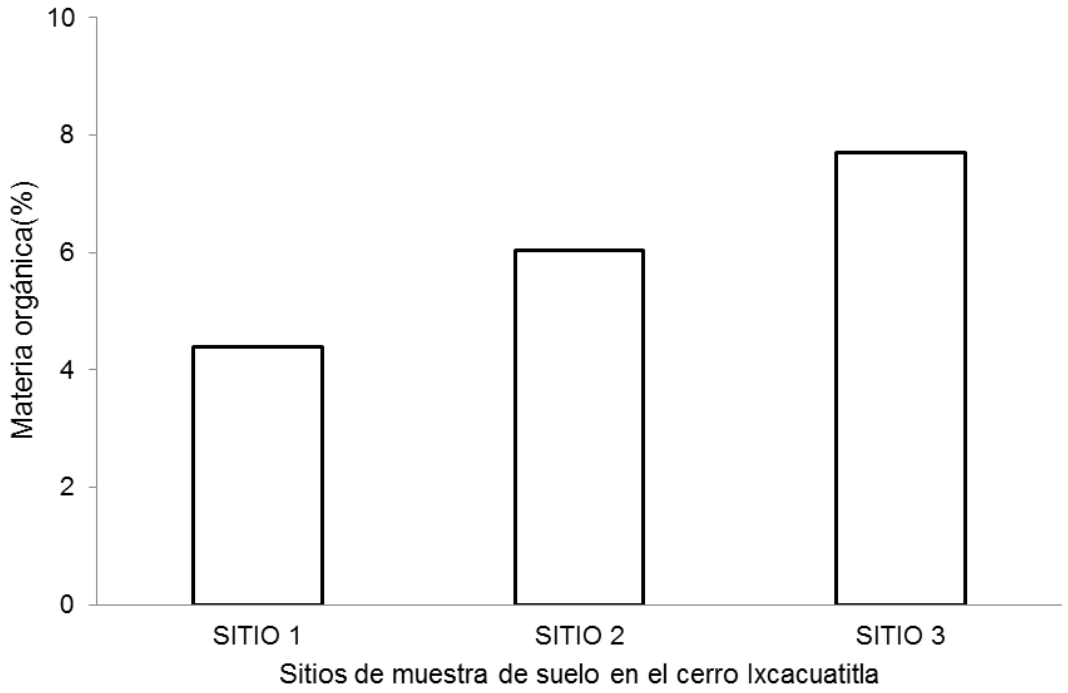

Figura 5. Porcentaje de materia orgánica encontrado en el análisis edafológico del cerro Ixcacuatitla.

6.1.2. Luminosidad

La población de *D. edule* está ubicada hacia el noreste en coordenadas de latitud 20°54”29.6’, longitud 98°1”37.8’ y noroeste del cerro en coordenadas latitud 20°54”30.8’ y longitud 98°1”40.0’, los individuos habitan sobre pendientes de entre 80° y 85° expuestos al sol sobre áreas abiertas en su mayoría, con una temperatura ambiental entre 26° y 32° C. La luminosidad registrada en la parte noroeste y noreste del cerro se observa en el cuadro 6.

Cuadro 6. Luminosidad promedio registrada para *Dioon edule* en el cerro Ixcacuatitla.

Orientación	Hora de registro	Cantidad (Lux)
Noreste	07:00 a. m.	530
	12:00 p. m.	108,000
	06:30 p. m.	3,800
Noroeste	07:00 a. m.	409
	12:00 p. m.	137,000
	06:30 p. m.	4,560

6.1.3. Descripción del sitio de estudio

El cerro Ixcacuatitla está formado principalmente de piedra, se desconoce el origen pero tiene un levantamiento de 300 m aproximadamente. Se observó en la parte media y alta del cerro que sólo en algunas porciones donde la pendiente no es muy pronunciada hay suelo en donde se encuentra establecida la mayor parte de la vegetación.

La flora principalmente observada en el cerro incluye familias: Agavaceae, (Especies) Apocynaceae (*Thevetia peruviana*), Asparagaceae (*Beaucarnea recurvata*), Bromeliaceae (*Tillandsia usneoides*), Cactaceae (*Hylocereus spp., Opuntia sp, Rhipsalis baccifera*), Commelinaceae, Crassulaceae,

Scrophulariaceae (*Russelia equisetiformis*), Piperaceae (*Peperomia spp*), Polypodiaceae (*Microgramma squamulosa*), Fagaceae (*Quercus sp),* Rubiaceae (*Randia sp.*) y Selaginelaceae. Entre estas, se observó que las familias Cactaceae y Agavaceae se desarrollan sobre pendientes entre 80° y 90° grados en el cerro Ixcacuatitla.

En su conjunto, el cerro presenta vegetación de Bosque tropical subcaducifolio, mientras que en la sombra de los arboles la presencia de helechos y herbáceas en la parte alta del cerro, en la planicie se observó un pastizal introducido para ganadería con árboles, para sombra de encino (*Quercus sp*.), piocha (*Melia azedarach*), orejuelo (*Enterolobium cyclocarpum*), otate (*Guadua sp*), chote (*Parmentiera aculeata*) y chicozapote (*Manilkara zapota*) principalmente.

Se observaron perturbaciones en la zona de estudio pero no la existencia de saqueos de la planta, posiblemente por el difícil acceso a ellas y a las pendientes donde se encuentran establecidas. En la zona de estudio se realizan rituales religiosos para la lluvia, la población celebra su festividad en el mes de mayo escalando el cerro, llevando ofrendas que genera basura, en cada uno de los altares ubicados en la parte baja, media y alta del cerro. En la planicie del cerro Ixcacuatitla existe un asentamiento humano que lleva el nombre del cerro con una introducción de ganadería y pastizales, sin embargo a partir de los 692 hasta los 986 msnm de altura del cerro la pendiente se vuelve pronunciada de 60° a 85°.

6.2 Descripción de la estructura poblacional de *Dioon edule* en la comunidad de Ixcacuatitla

6.2.1 Densidad de la población

La abundancia de la población en el cerro Ixcacuatitla fue de un total de 237 individuos que se identificaron, en un área total de 4.6 hectáreas. La densidad de la población de *D. edule*, fue de 51.52 individuos por hectárea entre los 692 y 986 msnm. De los cuales 130 (54.85 %) fueron medidos y clasificados en una etapa de crecimiento de acuerdo con Rubio (2010), los 107 restantes (45.14 %) no fueron medidos y fueron únicamente censados.

La etapa con mayor frecuencia encontrada fue la de adultos con un 44.61 % del total de la población, la etapa de juvenil con un 23.85 % y plántulas con 31.54 % (Cuadro 7). No se observaron estróbilos, solo se observó en un individuo restos de un estróbilo femenino en donde comenzaban a formarse sus escamas.

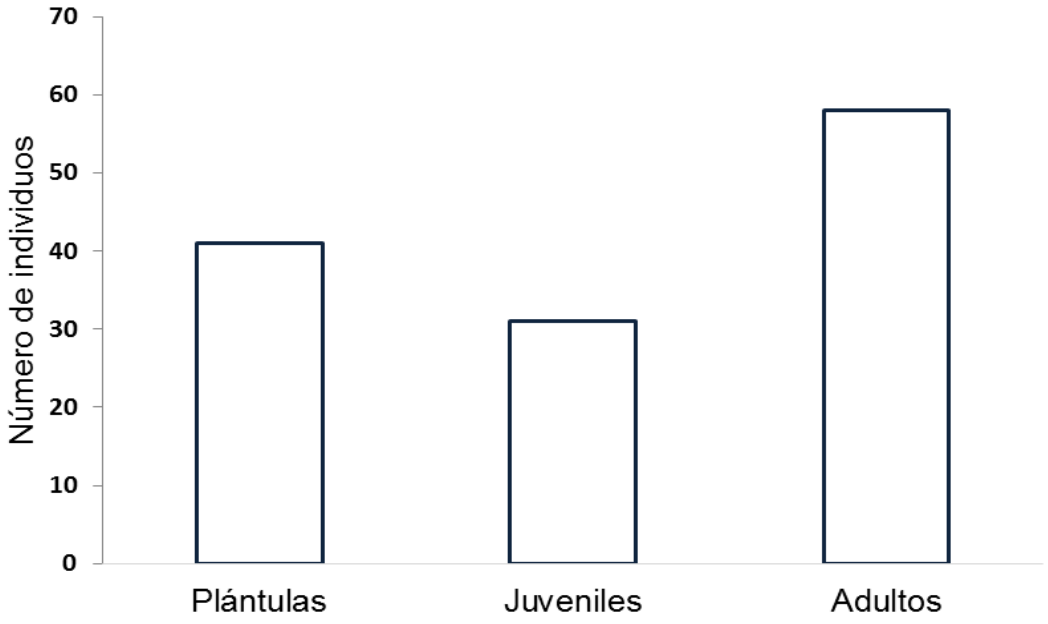

Figura 6. Total de individuos de *Dioon edule* medidos en el cerro Ixcacuatitla

6.3 Evaluación de las características morfológicas de la población de *Dioon edule* Lindl en la comunidad de Ixcacuatitla

Las tres etapas de crecimiento fueron clasificadas a partir de las características morfológicas, el cuadro siete muestra las variables que se consideraron para 130 individuos divididos en adultos, juveniles y plántulas. Se puede observar el promedio y la desviación estándar obtenida (D.E) para cada variable registrado.

Cuadro 7. Valores promedio y desviación estándar de 130 individuos de *Dioon edule* en el cerro Ixcacuatitla.

Variable	Adultos (58)		Juveniles (31)		Plántulas (41)	
	Promedio	D.E.	Promedio	D.E.	Promedio	D.E.
Altura total de la planta (cm)	109.59	42.12	77.57	14.33	61.78	17.72
Altura del tallo (cm)	36.37	36.18	0	0	0	0
Diámetro del tallo (cm)	19.06	9.4	0	0	0	0
Número de coronas	3.19	2.5	1.74	0.99	0	0
Número de frondas	18.14	16.48	9.26	6.88	2.27	1.26
Longitud de la fronda (cm)	77.41	19.88	78	13.67	62.15	17.91
Ancho de la fronda (cm)	16.22	4.68	14.67	3.27	12.33	3.53
Pares de foliolos	84.16	17.36	81.48	9.6	66.44	15.25
Longitud del foliolo (cm)	8.12	2.3	7.97	2.56	5.97	12.04

Variable	Promedio	D.E.	Promedio	D.E.	Promedio	D.E.
Ancho del foliolo (cm)	0.71	0.18	0.64	0.12	0.56	0.1
Diámetro del peciolo (cm)	0.86	0.32	0.82	0.26	0.66	0.26
Distancia del peciolo al primer par de foliolos	12.52	6.3	16.95	5.85	18.47	8.46
Número de frondas nuevas	0.43	1.51	0.29	0.86	0.12	0.39
Número de frondas incompletas	7.34	9.96	3.19	4.7	0.83	1.15
Número de cicatrices foliares	11.4	19.78	0	0	0	0

La altura total máxima registrada de una planta fue de 200 cm, diámetro máximo del tallo fue de 37 cm. En el caso de coronas contadas, se registró una cantidad máxima de 11 y frondas 75. El tamaño máximo para el largo de una fronda fue de 114 cm, mínimo de 34 cm, ancho de la fronda máximo de 29 cm y mínimo de 5.5 cm. El número máximo de pares de foliolos fue de 111 y mínimo de 31. Para el largo del foliolo de una fronda se registró un tamaño máximo de 19 cm y mínimo de 0.6 cm, ancho de 1.20 cm y mínimo de 0.3 cm.

El diámetro del peciolo máximo registrado fue de 1.70 cm y mínimo de 0.1 mm. La distancia del peciolo al primer par de foliolos máximo registrado fue de 43 cm y

mínima de 3 cm. En este estudio se consideraron como frondas nuevas a las que se encontraron en la última corona que corresponden a frondas producidas en el año anterior y se registró un máximo de 9. Cantidad de frondas dañadas o incompletas un máximo de 42 y cantidad de cicatrices foliares del tallo de una planta máximo registrado de 103 anillos alrededor del tallo.

Las características principales que se consideraron para clasificar las etapas de crecimiento (plántula, juvenil y adulto) fueron: altura y diámetro del tallo, número de frondas y coronas. El cuadro 8 muestra los valores máximos y mínimos para esos parámetros del total de la población.

Cuadro 8. Valores máximo y mínimo de características principales de *Dioon edule* en el cerro Ixcacuatitla.

Valores	Altura del tallo (cm)	Diámetro del tallo (cm)	Número de frondas	Número de coronas
Máximo	200	37	75	11
Mínimo	2	3	0	0

La figura 7 muestra el coeficiente de correlación Pearson entre el diámetro del tallo y el número total de frondas con un valor de r= 0.41. Los datos se ajustaron a una curva polinómica debido a que existen individuos adultos con poca cantidad de frondas en sus coronas. Con el ajuste realizado se obtuvo el índice de correlación R^2 =0.49; esto indica el grado de asociación de las dos variables. Cuando la planta es joven su producción de frondas es menor, a medida que la producción de frondas aumenta el diámetro del tallo crece. Dado que el valor de $p \leq 0.001$, existe una relación, aunque baja, estadísticamente significativa entre frondas totales y diámetro del tallo.

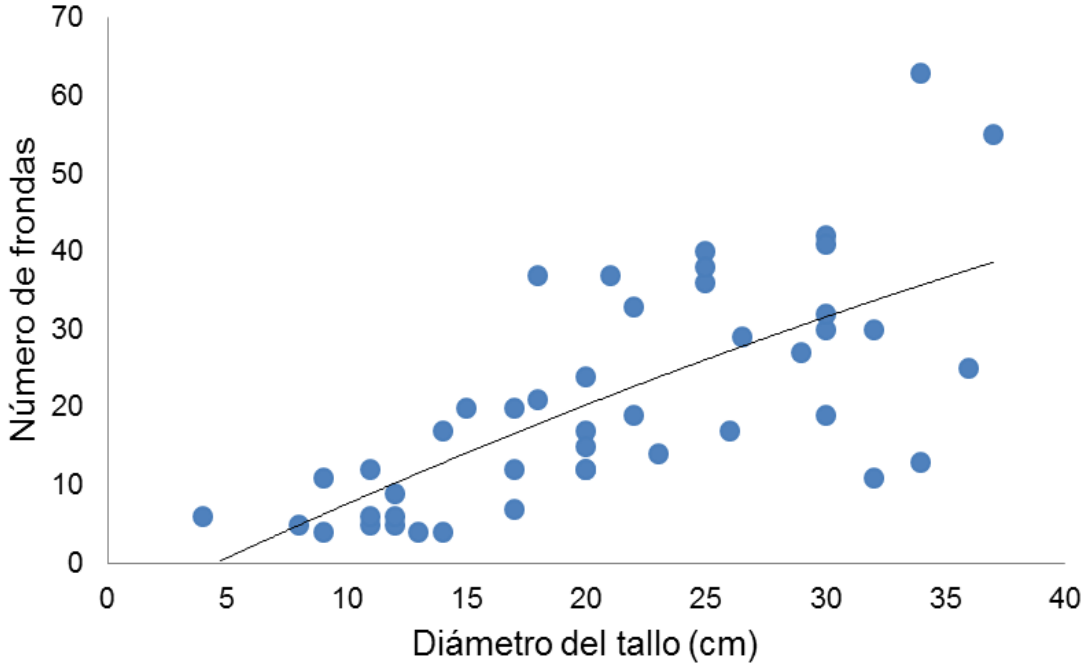

Figura 7. Correlación de Pearson entre la cantidad de frondas y diámetro de tallo para *Dioon edule* en Ixcacuatitla, Veracruz.

La correlación Pearson entre la altura y diámetro del tallo fue de r=0.70, muestra una relación moderadamente fuerte entre las variables. El estadístico fue de R^2 =0.65 indica que existe una variabilidad del 65% en altura del tallo. Los datos fueron ajustados a una línea de tendencia exponencial porque los valores aumentan exponencialmente. Se observa que cuando la planta alcanza una altura entre los 20 y 37 cm, incrementa el número de bases de frondas por la elongación del tallo, mientras que el diámetro permanece sin crecimiento. El valor de $p \leq 0.001$, existe una relación estadísticamente significativa entre la altura y diámetro del tallo (Figura 8).

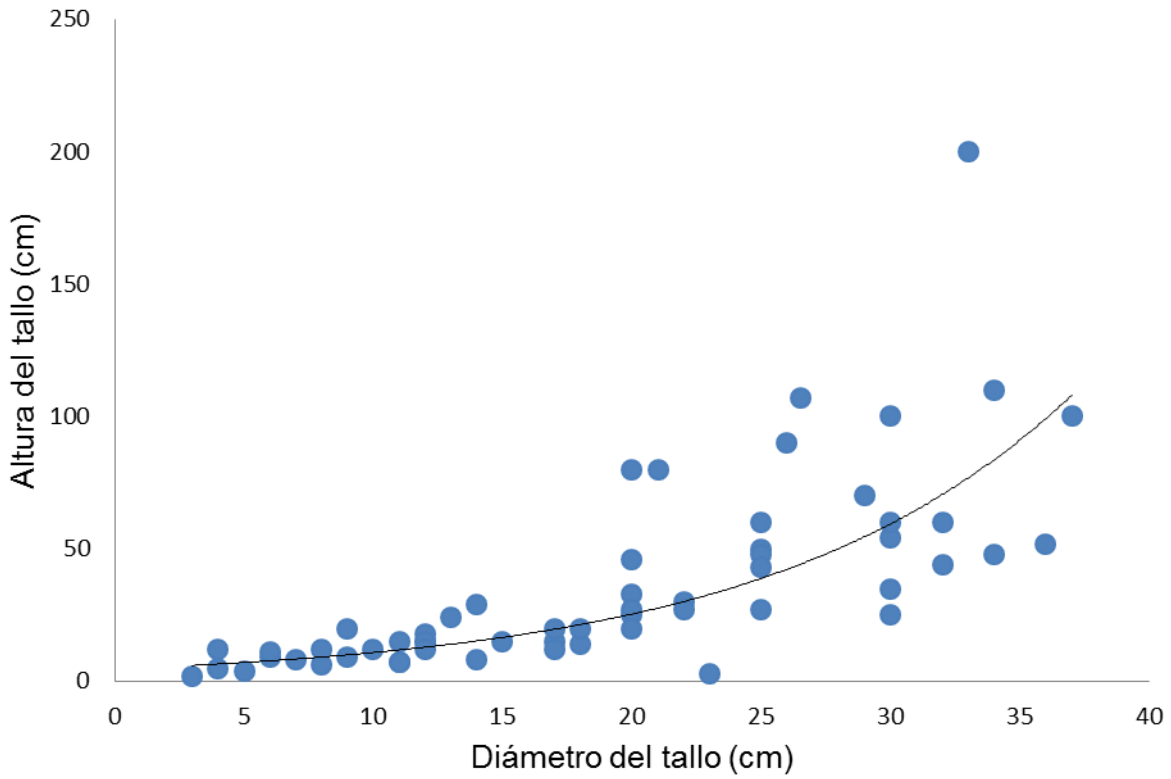

Figura 8. Correlación de Pearson entre la altura del tallo y diámetro del tallo para *Dioon edule* en Ixcacuatitla, Veracruz.

6.3.1. Tabla de vida de *Dioon edule*

Con base en la tabla de vida del cuadro 9, de 58 individuos adultos medidos, la mayor cantidad se encuentran entre la clase de edad de 0 a 250 años, mientras que en la clase de 251-500 años, no hay individuos dentro de ese intervalo. La clase con mayor frecuencia de individuos que muere en el intervalo de edad es de 0-250. En todos los casos se muestra una alta tasa de mortalidad llegando a más del 80 %.

Cuadro 9. Tabla de vida de *Dioon edule* en el cerro Ixcacuatitla de acuerdo a Vovides y Peters (1987).

Clase de edad (años)	**Nx**	**Lx**	**Dx**	**Qx**
	Número de individuos en cada clase de edad **(No)**	Número de individuos que sobreviven hasta la edad **(Nx/No)**	Número de individuos que muere durante el intervalo de edad **(Nx-Nx+1)**	Tasa de mortalidad **(Dx/Nx)**
0-250	28	1	29	1.03
251-500	…	…	-21	…
501-750	22	0.78	18	0.81
751-1000	5	0.17	3	0.60
1001-1250	3	0.1	…	…

El intervalo de edad utilizado fue de 250 años donde hay 28 individuos, de acuerdo con los cálculos, a partir de la semilla enterrada o dispersada en un intervalo transcurrido de 0 a 250 años solo 28 individuos dentro de la población han sobrevivido.

El número de individuos que sobrevive hasta la edad entre 501 a 750 es de 0.78.

El número de individuos que muere durante el intervalo de edad entre 751 hasta 1,000 años, es de tres.

La tasa de mortalidad de la clase de edad de 501 a 750 años, es de 81 %, es el porcentaje de individuos que morirá en ese intervalo de edad.

El valor negativo obtenido dentro de la tabla de vida, corresponde a la permanencia de los individuos pertenecientes a la etapa adulta, así como eventos importantes de producción de semillas en años anteriores.

7 DISCUSIÓN

7.1 La densidad de *Dioon edule*

Los resultados en este estudio muestran que *D. edule*, tiene una densidad baja (51.52/ha) que difiere en lo reportado por Chávez (2010) en dos sitios de muestreo (4,775/ha y 5,275/ha), Rubio-Méndez (2010) (3,325/ha), ambos en San Luis Potosí, Vovides (1990) en el Cerro Papayal-Achichuca Veracruz (4,633/ha) y Octavio-Aguilar, *et al.,* (2008) en tres sitios de Veracruz, en Rancho el niño (4,400/ha), Monte oscuro (2,100/ha) y El farallón (3,100/ha), estas diferencias se atribuyen a los distintos métodos de muestreo utilizados; transecto lineal, por parcela y censo (Chávez, 2010). Otra fuente de variación podría ser también una baja densidad por la alta mortalidad de semillas por el déficit de agua, donde la planta puede disminuir su supervivencia durante las primeras etapas del ciclo de vida (Octavio-Aguilar *et al*., 2008). Rubio-Méndez (2010) menciona que la densidad más alta en una población de *D. edule* puede encontrarse en partes bajas de laderas y que a mayor pendiente los individuos tienden a estar más separados, esto como resultado probablemente por la falta de dispersores naturales de la semilla como el ratón *Peromiscus mexicanus* (Santos y Tellería, 1994, Yáñez-Espinosa y Sosa-Sosa, 2007), sin embargo una baja densidad es posiblemente por la diferencia de condiciones ambientales, como las grandes pendientes del cerro y tipo de suelo, como en el cerro Ixcacuatitla que es un área pequeña, aislada y de baja vegetación.

7.2. Hábitat de *Dioon edule*

Dioon edule crece en zonas de ecotonía en selva baja caducifolia y encinares, sobre paredes y pendientes pronunciadas (Vovides *et al.,* 1983). En este estudio, las plantas adultas se localizaron sobre pendientes entre 80 y 85°, la mayor cantidad en áreas abiertas expuestas al sol, esto por ser una planta heliófila, como se observó en la especie *D. merolae* (Lázaro-Zermeño *et al.,* 2011). El efecto de luminosidad en *D. merolae* (González-Espinosa *et al*., 2011) provoca que se desarrolle en laderas orientadas al noreste donde la luminosidad es mayor durante días soleados, de la misma manera en el cerro Ixcacuatitla donde se observó que la mayor cantidad de plantas (más de 100) adultas y de mayor tamaño de *D. edule*, están expuestas a laderas sin sombra y en la misma orientación, por lo que se puede determinar que la luminosidad es un factor esencial para el desarrollo y la orientación de los tallos, el establecimiento de las plántulas y desarrollo de las frondas (Rubio-Méndez, 2010).

Vovides (1990) encontró en el cerro Papayal-Achichuca que *D. edule* se distribuye en hábitats con suelos pobres y rocosos, esta distribución es similar en la población del cerro Ixcacuatitla, aunque no se realizó un análisis de la profundidad del suelo, se pudo constatar como en los distintos estudios de Chávez (2010) y Rubio-Méndez (2013) los suelos son poco profundos a menos de 20 cm. En el cerro se tiene una textura que va de areno francoso a franco arenoso que son suelos con menos retención de nutrientes para la planta que debido a su porosidad altera el drenaje y esto difiere con lo reportado por Yáñez-Espinosa (2009), Rubio-Méndez (2010) y Chávez (2010), quienes reportan que crece sobre

suelos con textura arcillosa húmedos y pesados. Las mismas condiciones edáficas con texturas arcillosas se observó para el crecimiento en otras especies como: *D. spinulosum* (Castañeda, 2009) y *D. merolae* (Lázaro-Zermeño *et al.,* 2011). Sin embargo, se ha observado que en grietas y sobre fuertes pendientes en las que el suelo es casi nulo existe la presencia de ejemplares bien desarrollados, esto por la capacidad de modificar su metabolismo fotosintético (Chávez, 2010) de C_3 a CAM que puede ser una de las razones para la sobrevivencia y longevidad de *D. edule* en esas condiciones (Vovides, 1990; Vovides *et al.,* 2002).

Las poblaciones de *D. edule* crecen asociadas a algunas especies de árboles, arbustos, plantas herbáceas y epifitas, proporcionando sombra en las primeras etapas de vida (Vovides y Nicolalde-Morejón, 2010). Chávez (2010) señala que las plantas de *D. edule* de una población estudiada en localidades de San Luis Potosí, se caracterizaron por establecerse bajo el dosel de especies arbóreas como *Quercus*, se atribuye a que el género se distribuye en áreas montañosas y cordilleras (Valencia-A, 2004) pero en el cerro Ixcacuatitla no se observó alguna asociación con este género ya que los árboles de encino se encuentran en la base del cerro dispersos y la mayoría de las plantas de *D. edule* fuera del dosel de los árboles.

7.3. Variación morfológica de *Dioon edule*

Las características morfológicas de las poblaciones de *D. edule* han sido poco estudiadas, Rubio-Méndez (2010) utilizó parámetros para clasificar las etapas de crecimiento como: número de frondas, coronas, altura y diámetro del tallo de cada individuo. En el cerro Ixcacuatitla se utilizaron los mismos parámetros y se observaron diferencias. Los valores obtenidos en una población en San Luis Potosí (Rubio-Méndez, 2010), las plantas son de menor tamaño (50 cm de altura) con menos cantidad de frondas (21) en individuos adultos, mientras que en el cerro Ixcacuatitla se localizaron plantas de más de 100 cm de altura y con más de 70 frondas en plantas adultas. Ésta variación se atribuye a factores ambientales como la luminosidad que de acuerdo Vovides (2007) con *D. edule* ocupa sitios muy escarpados e iluminados, aunque otro factor es por la distribución geográfica (González-Astorga *et al.*, 2003); porque las poblaciones de la especie han estado aisladas por tanto tiempo que ha causado variaciones físicas e incluso genéticas entre ellas debido a que están expuestas a diferentes características y adaptaciones del hábitat (Whitelock, 2002). De acuerdo a la variación geográfica de las características morfológicas de los foliolos, González-Astorga, *et al.,* (2003) mencionan que en El Farallón y Monte Oscuro, Veracruz, los foliolos son más anchos y parecidos entre sí en comparación con poblaciones del norte: en Linares, Nuevo León, Sierra del Abra, San Luis Potosí y Sierra Gorda, Querétaro, que son más estrechos. En el cerro Ixcacuatitla se observa que el ancho y largo del foliolo son similares a las poblaciones del centro de Veracruz.

Los resultados obtenidos muestran ciertas diferencias en el número total de frondas con diámetro del tallo al ser comparadas las medidas con las de Chávez (2010), éstas diferencias pueden ser por la cantidad de frondas registradas en la población de dicho autor, quien reporta herbivoría por las orugas de la mariposa del género *Eumaeus.* Estos organismos devoran las frondas nuevas de cada año, provocando que hayan sido registrados con menos cantidad de frondas (Chávez, 2010, Rubio-Méndez, 2013, Lázaro-Zermeño, 2011).

En referencia a la altura y diámetro del tallo, posiblemente la diferencia de tallas entre los sitios de muestreo se debe a que los individuos que alcanzan la edad adulta van limitando su crecimiento por la carencia de un suelo profundo (Chávez, 2010). Además, si la altura del tallo está relacionado con la edad de la población como lo reportan Vovides y Peters (1987), entonces la población del cerro Ixcacuatitla es más antigua.

La edad en las cícadas es difícil de estimar en poblaciones naturales (Rubio-Méndez, 2010). Chamberlain (1911) propuso para el cálculo de edad en individuos de *D. edule*, registrar el número total de frondas producidas en un año, contar las cicatrices del tallo y dividir esa cantidad entre el número de frondas producidas. De acuerdo con los resultados obtenidos por dicho autor, mediante el conteo de cicatrices foliares (crecimiento anual), la mayor cantidad de individuos se encuentran entre el intervalo de 0 a 250 años, aunque la tasa de mortalidad es alta en las primeras etapas del ciclo de vida al igual que en este estudio, las causas pueden ser por prolongadas sequías o deshidratación, depredación por roedores y herbívora foliar (Pérez-Farrera *et al.,* 2006, Cabrera-Toledo, 2009, Chávez, 2010).

Cabe mencionar que la edad calculada es solo una estimación y que no es precisa ya que aún no se tiene registro de algún método o modelo que indique el crecimiento constante en condiciones naturales para cícadas (Negrón-Ortiz *et al.,* 1996), porque dos años de estudio para una cícada no representa ni el 0.3% de su vida promedio (Octavio-Aguilar, 2009). La estimación de edad no es precisa, aunque se producen frondas durante los primeros años del ciclo de vida no hay cicatrices, porque el tallo no se ha desarrollado, las cicatrices de la base al envejecer pueden comprimirse disminuyendo su tamaño y durante los eventos reproductivos la producción de frondas es baja o nula (Lázaro-Zermeño, 2011) pues la transición de una planta adulto no reproductivo a reproductivo lleva al menos 8 años (Vovides, 1990).

8. CONCLUSIONES

Las características físico-ambientales como la vegetación de bosque tropical subcaducifolio observada en el cerro Ixcacuatitla, muestran un sitio con baja perturbación donde se desarrolla *Dioon edule*. El sustrato es muy reducido y aporta pocos nutrientes de acuerdo al análisis físico-químico, lo que puede explicar el lento crecimiento de las plantas, sin embargo por la altura de los individuos registrados pudieran estar estimadas en un asentamiento por más de 1000 años en el sitio de muestreo.

La población de *Dioon edule* es dominada por individuos adultos y plántulas.

Las características morfométricas comparadas con otras poblaciones indican que *Dioon edule* en el cerro Ixcacuatitla es similar a otras poblaciones del centro de Veracruz y que su variación morfológica no cambia aunque el área de estudio se encuentra aislada.

La población de *Dioon edule* en el cerro Ixcacuatitla representa un primer registro para la zona norte del estado de Veracruz por lo que se determina que el área de distribución descritas de la especie es más amplia.

9. APLICACIÓN PRÁCTICA

De acuerdo con los resultados obtenidos de esta investigación se propone que el sitio de muestreo, el cerro Ixcacuatitla, se considere para que sea un área de conservación *in situ*. Con el objetivo de implementar el conocimiento de la familia Zamiaceae en especial importancia de la especie *D. edule*, que de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 se encuentra en peligro de extinción y se evitaría la fragmentación del hábitat en el cerro.

Estrategias como talleres y pláticas para la población local acerca de la conservación del cerro Ixcacuatitla requiere de esfuerzos con las autoridades competentes de la misma localidad que tengan el interés de conservar el área, instituciones educativas sin excluir las religiosas, para poder establecer las estrategias en conjunto para evitar la afectación de la permanencia actual de la vegetación en el cerro Ixcacuatitla evitando la pérdida de la población de *D. edule.*

Las estrategias de conservación serán de gran ayuda a largo plazo para la conservación. Incluso se puede realizar la creación de viveros comunitarios como los realizados en la región central del estado de Veracruz, Chiapas y Puebla para la producción de *D. edule* y así evitar posibles saqueos ilegales en el cerro, donde a un largo plazo los habitantes se beneficien en la venta regulada, con ayuda de programas que fomenten la compra-venta legal a nivel nacional e internacional de plantas producidas en viveros a nivel local y así apoyar los esfuerzos que se realicen en el sitio.

10. BIBLIOGRAFÍA

Baldo-Romero, M., Iglesias-Andreu, L., Vázquez-Torres, M., Sánchez-Velásquez, L., Luna-Rodríguez, M. y Octavio-Aguilar, P. 2013. Marcadores morfometricos para la identificación de sexo en *Zamia furfuraceae* L.F. (Zamiaceae). Revista Chapingo Series Ciencias Forestales y del Ambiente 1:425-434.

Bärtels, A. 2005. Guía de identificación, plantas tropicales, ornamentales y útiles. Omega S.A, Barcelona.

Cabrera-Toledo, D. 2009. Biología poblacional de dos cícadas mexicanas con distintos niveles de rareza. Tesis para obtener el grado de doctora, Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México, 152p.

Castañeda, E. 2009. Parámetros demográficos de *Dioon spinulosum* Dyer y Eichler (Zamiaceae) en San Miguel Soyaltepec, Oaxaca. Instituto de ecología, A.C. Tesis para obtener el grado de Maestra en Ciencias. Xalapa, Veracruz, México.

Chamberlain, C. 1911. The adult cycad trunk. Botanical Gazette 52:81-104.

Chávez, I. 2010. Análisis estructural de dos poblaciones de *Dioon edule* Lindl (Zamiaceae) en comunidades indígenas y mestizas de la región XI´IUY de la palma, S.L.P. implicaciones ecológicas y culturales. Tesis para obtener el grado de Maestría en Ciencias del Ambiente. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México.

González-Astorga, J., Vovides A. 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 141:165-470.

González-Espinosa, M., Pérez-Espinosa y Ramírez-Marcial, N. 2011. Distribución espacial y respuesta fototrópica de *Dioon merolae* (Zamiaceae) en poblaciones relictuales de centro de Chiapas, México. Botanical Sciences 90 (1):63-72.

INEGI. 2010. Perspectiva estadística: Veracruz de Ignacio de la llave. Dirección General Adjunta de Integración de Información (DGAII). Aguascalientes, Ags., México. 100 pp.

Lázaro-Zermeño, J. 2011. Demografía, conservación y aprovechamiento de productos forestales maderables: en el caso de *Dioon merolae* (Zamiaceae) en Chiapas, México. Tesis para obtener el grado de Doctora en Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.

López, O. 2002. Distribución y relaciones ecológicas del chamal *Dioon edule* Lindley en la sierra de San Carlos Tamaulipas. Tesis de maestría en ciencias forestales, facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León.

Maruri, J. y Rodríguez, R. 2012. Manual de prácticas del uso actual y potencial de suelos. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz. 47 pp.

Metcalf, C., y Pavard, S. 2007. Why evolutionary biologists should be demographers. Trends in Ecology and evolution 22:205-212.

Meza, A. 2014. Propuesta para la conservación de *Ceratozamia decumbens*, Vovides, Avendaño, Pérez-Farrera. Et J. González-Astorga (Zamiaceae) y *Villasenoria orcutti* (Greenm) B.L Clark (ASTERACEAE), a través de una Unidad de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) en Zapoapan, Veracruz, México.

Negrón-Ortiz, V., Gorchov, D. y Breckon, G. 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. 2000. Effects of fire and post fire herbivory on the cycad *Zamia pumila* (Zamiaceae) in splash pine savanna, Everglades National Park, Florida. International Journal of Plant Sciences 161: 659-669.

Nicolalde-Morejón, F., González-Astorga, J., Vergara-Silva, F., Stevenson, D., Rojas-Soto, O. y Medina-Villareal, A. 2013. Biodiversidad de Zamiaceae en México. Revista Mexicana de Biodiversidad 85:114-125.

Nicolalde-Morejón, F., Vergara-Silva, F., González-Astorga, J., Vovides, A. y Espinosa de los Monteros, A. 2009. Reciproca illumination of morphological characters upon a molecular hypothesis supports the proposal of a new species of cycad from Mexico. Systematics and Biodiversity 7:73-79.

Octavio-Aguilar, P., González-Astorga J. y Vovides A. 2008. Population dynamics of *Dioon edule* Lindl. (Zamiaceae): life history stages and management impact. Botanical Journal of the Linnean Society 157:381-391.

Octavio-Aguilar, P. 2009. Demografía y genética de poblaciones para tres localidades de Veracruz de *Dioon edule* Lindl. (Zamiaceae) en el estado de Veracruz. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias. Instituto de ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México.

Osborne, R., Calonje, M., Hill, K., Stanberg, L. y Stevenson, D. 2012.The World List of Cycads. Mem. New York Botanic Gardens Vol. 106.

Pérez-Farrera, M. y Vovides, A. 2004. Spatial distribution, population structure, and fecundity of *Ceratozamia matudai* Lundell (Zamiaceae) in the Triunfo Biosphere Reserve, Chiapas, México. The Botanical Review 70(2):299-311.

Pérez-Farrera, M., Vovides, A., Octavio-Aguilar, P., González-Astorga, J., De La Cruz-Rodríguez, J., Hernández-Jonapá, R. y Villalobos-Méndez, S. 2006. Demography of the cycad *Ceratozamia mirandae* (Zamiaceae) under disturbed and undisturbed conditions in a biosphere reserve of Mexico. Plant Ecology 187(1):97-108.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México.

Rivera-Fernández, A. 2012. Diversidad genética y estructura poblacional de *Ceratozamia mexicana* Brongn. Tesis para obtener el grado de Doctor en ciencias en Ecología y Biotecnología. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México.

Rubio-Méndez, G. 2010. Estructura poblacional de *Dioon edule* Lindl. (Zamiaceae) en la sierra Madre Oriental del estado de San Luis Potosí. Tesis para obtener el

grado en ingeniería agroindustrial. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México.

Rubio-Méndez, G. 2013. Estudio para la conservación a largo plazo de *Dioon edule* en San Luis Potosí. Tesis para obtener el grado de maestría en ciencias del ambiente. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México.

Santos, T. y Telleria, J. 1994. Influence of forest fragmentation on seed consumption and dispersal of Spanish juniper *Juniperus thurifera*. Biological Conservation 70: 129–134.

Santillán-Piña, N. y Aguayo-Camargo J. 2011. Facies sedimentarias turbidísticas del Terciario Inferior en la cuenca de Chicontepec, Centro- Oriente de México. Ingeniería en investigación y tecnología 12(3):337-352.

SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. Diario oficial de la federación. Segunda sección, 77p.

Sosa, M. 2013. Estimación de carbón en un proyecto de compensación ambiental por cambio de uso de suelo en Chicontepec, Veracruz. Tesis para obtener el título de especialización en gestión e impacto ambiental. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz.

Valencia-A. S. 2004. Diversidad del genero *Quercus* (Fagaceae) en México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 75:33-53.

Stevenson, D. Osborne, W., R. and Hill, K.D. 1995.The world list of cycads. En: P. Vorster (ed.) The Third International Conference on Cycad Biology pp. 55-64.

Velasco-García, M., Valdez-Hernández, J., Ramírez-Herrera, C., Hernández-Hernández, M., López-Upton, L., López-Mata, L. y López-Sánchez, H. 2016. Estructura, heterogeniedad de estadios y patrón de dispersión espacial de *Dioon holmgrenii* (Zamiaceae). Botanical Sciences 94(1)75-87.

Vovides, A. 1990. Spatial distribution, survival and fecundity of *Dioon edule* (Zamiaceae) in a tropical deciduos forest in Veracruz, México, with notes on it´s habitat, American Journal of Botany 77(12):1532-1543.

Vovides, A. 2000. México: Segundo lugar mundial en diversidad de cícadas. CONABIO. Biodiversitas 31:6-10.

Vovides, A., Etherington, J., Dreseer, P., Groenhof, A., Iglesias, C. y Flores, J. 2002. CAM-cycling in the cycad *Dioon edule* Lindl, in its natural tropical deciduos forest habitat in central Veracruz, México. Botanical Journal of the Linnean Society 138:155-162.

Vovides, A. y Nicolalde-Morejón, F. 2010. Ficha técnica de *Dioon edule.* En: Vovides, A. (compilador). Base de datos de la cícadas mexicanas. Instituto de Ecología A.C., INECOL. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto No. DK008. México, D.F.

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

Vovides, A., Rees, J. y Vázquez-Torres, M. 1983. Zamiaceae, Flora de Veracruz. 26. Instituto Nacional de Recursos Bióticos. Xalapa.

Whitelock, M. 2002. The cycads. Timber press, Portland, Oregon. Printed in Hong Kong, 374 p.

Yáñez-Espinosa, 2009. Chamal (*Dioon edule* Lindl) in the State of San Luis Potosí, México. The Cycad Newsletter 32:18-21.

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