



Monitoreo de la palma de la virgen (*Dioon sonorese*) en el Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Álamos y Río Cuchujaqui

NOMENCLATURA TAXONÓMICA

FAMILIA Zamiaceae

GÉNERO *Dioon*

EPÍTELO ESPECÍFICO *sonorese*

NOMBRE CIENTÍFICO *Dioon sonorese*

NOMBRE COMÚN Palma de la virgen, peine, peyote

ESTATUS NOM-059-SEMARNAT-2010

En Peligro de Extinción

ESTATUS LISTA ROJA UICN: En Peligro

BIOLOGÍA

Descripción de la especie: *Dioon sonorese* se caracteriza básicamente por presentar una corona de hojas numerosas cortas, algunas veces retorcidas y espiralmente ascendentes (Figura 1), raquis y pecíolo cuando emergen densamente pubescente y en general se mantiene verde cuando madura, considerablemente más angosta, linear-lanceolado, a menudo armadas con uno o tres agujones sobre el borde distal de los folíolos; las hojas son generalmente planas, pero ocasionalmente ligeramente deflexas, o ligeramente quilladas sobre el pecíolo y ampliamente espaciadas entre los márgenes, no muy anchas, las hojas nuevas son verde claro (Vovides y Nicolalde-Morejón 2010).

Medidas morfométricas: Es una planta de tallos arborescentes, erectos, hasta de 1.5 m de alto, pero usualmente con tallos de entre 0.3-0.6 m de alto, 22-25 cm de diámetro. Hojas numerosas, rectas, en algunos casos retorcidas hacia el ápice, de hasta 1 m de largo, 20-25 cm de ancho, hojas emergentes, ligeramente tomentosas, grisáceas, glabras en hojas adultas; pecíolo terete a subterete, 6-16 cm de largo, 7-10 mm de diámetro (Vovides y Nicolalde-Morejón 2010).

Folíolos 70-98 pares por hoja, subopuestos, linear-lanceoladas, ligeramente falcados, insertados en ángulo recto, folíolos medios, 11.2-13.8 cm de largo, 0.4-0.6 cm de ancho, márgenes enteros, raramente con pocos agujones (2-3) sobre el extremo distal.

Microstróbilo solitario, cilíndrico, 25-26.5 cm de largo, 7-8 cm de diámetro, densamente tomentoso, grisáceo; pedúnculo 2-3 cm de diámetro de largo. Megastróbilo solitario, ovoide, 31.5-36 cm de largo, 20-23 cm de diámetro, densamente lanoso; pedúnculo 5-6.3 cm de largo, 3.8 cm de diámetro, densamente tomentoso; megasporofilas triangulares, no acuminadas. Semillas con sarcotesta amarilla a amarillo-anaranjado, 2.8-3.2 cm de largo, 2.3-2.5 cm de diámetro, lisas (De Luca *et al.* 1984; Chemnick *et al.* 1997; Whitelock 2002).

Reproducción: Las especies del género *Dioon* son de larga vida, con ciclos de vida de los más largos de la Familia Zamiaceae, tasa de crecimiento de las plantas en el hábitat, de milímetros por año (Vovides 1990). Su polinización es por insectos bélicos y languridos (en proceso de identificación). Su frecuencia de fructificación varía por individuos entre tres y nueve años para plantas masculinas y entre cuatro y 50 años en femeninas bajo condiciones naturales de hábitat (Vovides 1990). El período de maduración de los conos femeninos es aproximadamente de dos años.



Figura 1. *Dioon sonorese* en el APFF Sierra de Álamos Río Cuchujaqui.

ECOLOGÍA

Distribución: *Dioon sonorese* se distribuye sobre la Sierra Madre Occidental, entre los estados de Sinaloa y Sonora (Figura 2; Vovides y Nicolalde-Morejón 2010). De acuerdo al rango de distribución actual conocida

para la especie, le corresponde el clima: BS1(h')w", semiárido, cálido, lluvias de verano del 5 al 10.2% anual; con temperatura promedio anual de 23.6°C y 641.4 mm de precipitación al año, el mes más seco se reporta en abril (2 mm), y el de mayor precipitación en agosto (202.5 mm; García 2004).

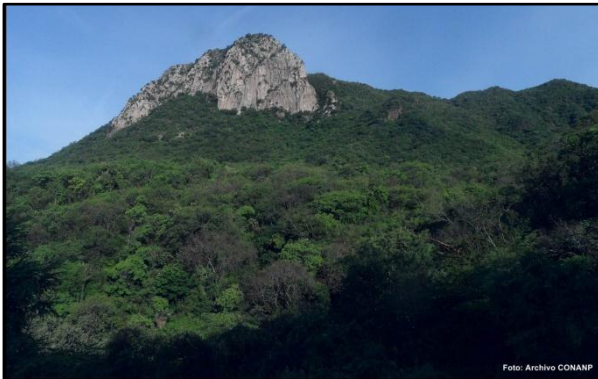


Figura 2. Paisaje en el APFF Sierra de Álamos Río Cuchujaqui.

Hábitat: *D. sonorensis* está distribuido en los estados de Sonora y Sinaloa, en la zona de transición entre el bosque tropical caducifolio y el bosque de encino (Figura 3) sobre sustratos rocosos, entre 617-1200 m de altitud, las poblaciones de esta especie, crecen generalmente sobre condiciones extremas de sequía (De Luca *et al.* 1984; Chemnick *et al.* 1997). Las especies más comunes asociadas a las poblaciones de *D. sonorensis*, y que caracterizan al bosque tropical caducifolio son *Ceiba acuminata*, *Lysiloma watsonii*, *L. divaricata*, *Bursera inopinata*, *Cochlospermum vitifolium*, *Gonzatia sericea* (Rzedowski 1978).

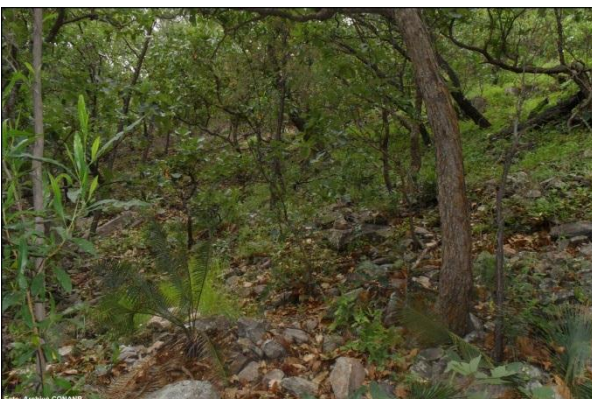


Figura 3. Hábitat característico de la palma de la virgen, en la Sierra de Álamos.

Amenazas: La palma de la virgen (*Dioon sonorensis*), está registrada en peligro de extinción por el grupo de

expertos a nivel nacional y se encuentra en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (2010) y a nivel internacional en la IUCN (2003), además de que es endémica para el estado de Sonora y Sinaloa. La drástica reducción de esta especie se debe a la fragmentación de los hábitat donde se distribuye, mostrando una alta diversidad genética, endogamia, con poco o nulo reclutamiento (González-Astorga *et al.* 2008). Otras amenazas son el saqueo para el comercio ilícito, destrucción de individuos para la producción de alcohol, la extirpación de plantas por parte de las autoridades locales debido a la confusión con el "peyote" (Vovides y Nicolalde-Morejón 2010).

MONITOREO

Aunque se han realizado trabajos demográficos sobre cícadas en México, no se ha establecido ningún estudio a largo plazo que cuantifique los cambios a nivel de población o de su dinámica por más de tres años, a pesar de que se ha establecido como prioridad en el programa de manejo de la familia Zamiaceae (INE 2000). En este programa se analizan y cuantifican estos cambios a través del establecimiento de un programa de monitoreo. Este trabajo evalúa la dinámica poblacional a mediano y largo plazo. En esta primera etapa se evalúa la densidad, la estructura poblacional, producción de conos; se describe cualitativamente su hábitat, se analizan algunas relaciones alométricas y finalmente se analiza la abundancia y asociación de *Dioon sonorensis* con algunas variables ambientales.

Metodología: El APFF Sierra de Álamos y Río Cuchujaqui tiene una superficie de 92,889-69-41.5 hectáreas. Se localiza en el sureste del estado de Sonora, entre los 27° 12' 30" y 26° 53' 09" norte y los 109° 03' 00" y 108° 29' 32" oeste (Figura 4). Se ubica en uno de los municipios con mayor biodiversidad de Sonora, debido a sus características naturales únicas, dándose una mezcla de comunidades vegetales como selva baja caducifolia, matorral espinoso sinaloense y bosque de pino-encino. (CONANP 2003).

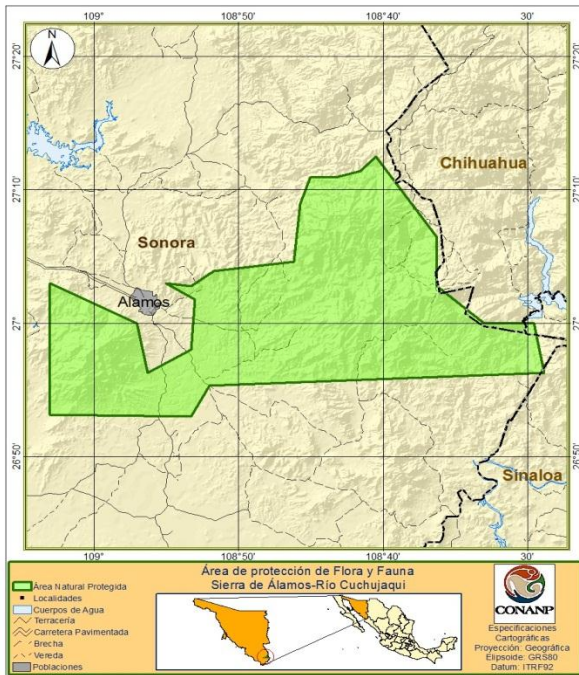


Figura 4. Ubicación del Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Álamos Río Cuchujaqui.

Los siete sitios que se monitorearon fueron los siguientes: Guayaba Alta- Bajíos; Camino Guadalupe; Los Altares; La Poza Azul; Cusal de los Chorros; La Vinata y La Barranca de La Vinata. Dichos sitios se localizan en una zona de transición de selva baja caducifolia con bosque de encino (Figura 5).

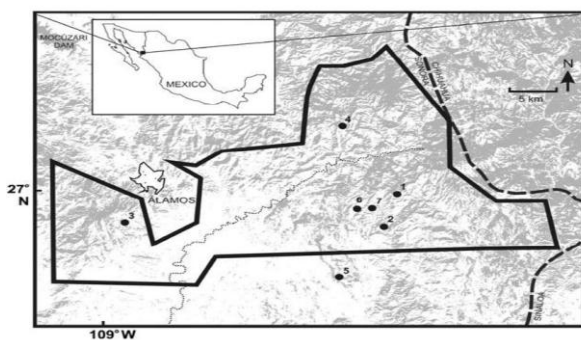


Figura 5. Sitios con presencia de *Dioon sonorensis* en el APFF Sierra de Álamos Río- Cuchujaqui.

Se establecieron en cada sitio, tres parcelas contiguas de monitoreo permanente de 20X20 m., formando un transecto de 20X60 m (1200m²). A todos los individuos que se encontraron dentro de las parcelas se les determinó los siguientes parámetros: altura, diámetro del tronco, número de hojas (hojas viejas y nuevas),

estado reproductivo (plántula, juvenil o adulto), sexo (macho, hembra o indeterminado), producción de bases o cicatrices foliares, producción de semillas (cuando se encontraron conos femeninos). Cada individuo se etiquetó con un número de identificación en el tronco y la información se capturó en una base de datos en Excel. Adicionalmente se determinaron algunos parámetros físico-ambientales tales como profundidad del suelo, coordenadas geográficas, altitud, pendiente, pH y cobertura del dosel. La profundidad del suelo se determinó insertando dos veces alrededor de cada planta una varilla metálica hasta topár con roca, raíz o suelo compacto. Las coordenadas geográficas se determinaron con un GPS (margen de error 10 m). La pendiente se determinó con un clinómetro (0-90 %/0-100%). La altitud se determinó con un altímetro (0-6000 m). El pH y la Cobertura se determinaron usando un densiómetro esférico convexo. Mediante el conteo directo se obtuvo la densidad por sitio y se obtuvo la estructura de la clase por altura de tronco para todos los sitios analizados de acuerdo a Krebs (1985) y Begon *et al.* (1990). Para conocer la producción de semillas y conos, se realizó con un conteo directo en individuos adultos reproductivos. Se realizaron algunos análisis alométricos de variables morfométricas (altura, diámetro, producción de hojas totales, y bases totales). Los datos fueron analizados en Statgraphics Plus 5.1 para Windows. También se realizó un análisis de varianza, utilizando primero una prueba de homocedasticidad usando el contraste de varianza Cochran y Bartlett. Posteriormente cuando los datos no fueron normales, se utilizó una prueba de contraste de rango promedio empleando la prueba de Kruskal-Wallis. Se analizó la relación de la abundancia con las variables ambientales a través de un examen de componentes principales utilizando Statgraphics Plus para Windows 5.1. Se caracterizó cualitativamente el hábitat de *Dioon sonorensis*, para lo cual se colectaron ramas de todos los árboles, arbustos y hierbas dominantes en cada sitio de muestreo dentro de cada parcela permanente. Se colectaron árboles o arbustos mayores a 2.5 cm de



diámetro. Las plantas fueron colectadas y procesadas utilizando los protocolos descritos por Lot y Chiang (1987). Las plantas fueron colectadas utilizando tijeras de podar y garrochas de colectas y posteriormente colocadas en bolsas de plástico. Las plantas colectadas fueron etiquetadas y determinadas utilizando bibliografía especializada y por comparación en la colección científica de plantas vasculares del Herbario Eizi Matuda (HEM) de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Se tomaron fotografías con una cámara de 12 megapíxeles para apoyar en la identificación y determinación de cada espécimen.

Resultados: para conocer la densidad, de los siete sitios analizados, se muestrearon un total de 234 individuos. Casi un 78% de la población fue clasificado como adulto, mientras que menos de un 9% fue clasificado como plántula (Cuadro 1). También se encontró una proporción 1:1 entre machos y hembras en el total de todas las poblaciones, mas no entre sitios, lo que sugiere que la productividad de conos entre sitios está influenciado por factores micro ambientales como la humedad y los nutrientes.

Cuadro 1. Densidad de *Dioon sonorensis* por sitio (n: número de individuo por sitio; M: macho; H: hembra; IA: adulto indeterminado; A: adulto; J: juvenil; P: plántula;) y su relación con variables ambientales (suelo: es el promedio de profundidad de suelo expresada en cm; pH es el promedio de pH, Cob: cobertura, Pend: pendiente (°))

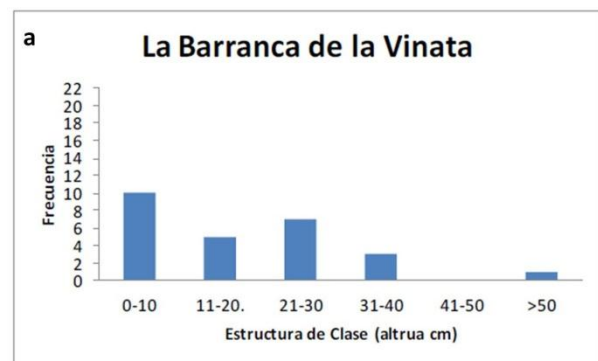
Sitios	n	M	H	IA	A	J	P	Suelo	pH	Cob	Pend
Cusal de los Chorros o Guirocoa	20	2	10	6	18	1	1	19.33	6.53	91.81	25
Los Altares o La Sierrita	15	0	0	15	15	0	0	14.12	6.97	94.83	30
Poza Azul o Santa Bárbara	53	0	0	40	40	10	3	10.63	6.93	95.02	10
La Vinata	26	1	0	7	8	10	8	19.88	6.36	94.78	23
La Barranca de la Vinata	26	2	1	17	20	3	3	21.35	6.44	94.98	29
Camino a Guadalupe	54	7	4	35	46	4	4	20.64	6.65	95.74	10
Las Guayabas	40	3	1	31	35	5	0	12.99	6.57	94.59	10
Total	234	15	16	151	182	33	19	19.33	6.53	91.81	25

El cuadro 2 presenta los resultados con respecto a la densidad. Estos demuestran que las poblaciones de *D. sonorensis* presentan bajas densidades con respecto a otras especies con distribución más amplia como *D. edule* que se encuentra distribuida en la parte del Golfo de México, pero presenta densidades más altas con respecto a otras especies como *D. caputoi* o *D. califanoi* de distribución restringida en el sur de México. Se encontró una estructura de clase por altura del tronco de tipo I (Figura 6a-g) según lo propuesto por Peters (1996) y Martínez-Ramos y Álvarez-Buylla

(1995) en cinco sitios: La Barranca de la Vinata, La Vinata, Las Guayabas, Santa Bárbara y Camino a Guadalupe. Este tipo de estructura se caracteriza por presentar más cantidad de individuos de tallas pequeñas que de tallas grandes, lo que permite el reclutamiento constante y permanente. Se considera que con esta estructura, la población es sana (Peters 1996). Pero esta estructura presenta reclutamiento discontinuo en las últimas clases de altura en dos sitios: La Vinata y la Barranca de la Vinata, es decir hacen falta categorías (avanzados o preadultos).

Cuadro 2. Comparación de la densidad de varias especies del género *Dioon* en México.

Localidad	Estado	Especie	Ind/ha	Referencia
Las Guayabas	Sonora	<i>D. sonorensis</i>	40	Este trabajo
La Barranca de la Vinata	Sonora	<i>D. sonorensis</i>	26	Este trabajo
La Vinata	Sonora	<i>D. sonorensis</i>	26	Este trabajo
Camino a Guadalupe	Sonora	<i>D. sonorensis</i>	54	Este trabajo
Poza Azul	Sonora	<i>D. sonorensis</i>	53	Este trabajo
Cusal de los Chorros	Sonora	<i>D. sonorensis</i>	167	Este trabajo
Los Altares	sonora	<i>D. sonorensis</i>	125	Este trabajo
Promedio	Sonora	<i>D. sonorensis</i>	70	Este trabajo
Rancho El Niño	Veracruz	<i>D. edule</i>	4458	Octavio-Aguilar et al., 2008
Monte Oscuro	Veracruz	<i>D. edule</i>	2099	Octavio-Aguilar et al., 2008
Farallón	Veracruz	<i>D. edule</i>	3125	Octavio-Aguilar et al., 2008
Monte Oscuro	Veracruz	<i>D. edule</i>	4633	Vovides, 1990
Promedio	Veracruz	<i>D. edule</i>	3579	
Promedio Querétaro	Querétaro	<i>D. edule</i>	2053	Rubio-Méndez, 2010
El Campanario	Chiapas	<i>D. merolae</i>	144	Lazaro-Zermeño et al., 2010
Finca Ocotlán	Chiapas	<i>D. merolae</i>	147	Lazaro-Zermeño et al., 2010
Rancho El Sauz	Chiapas	<i>D. merolae</i>	160	Lazaro-Zermeño et al., 2010
Promedio	Chiapas	<i>D. merolae</i>	150	
La Grana	Puebla	<i>D. caputoi</i>	13	Cabrera Toledo, 2009
El Guayabo	Puebla	<i>D. caputoi</i>	20	Cabrera Toledo, 2009
Promedio	Puebla	<i>D. caputoi</i>	17	
Cuicatlán-Tehuacán: s1	Oaxaca	<i>D. purpusii</i>	37	Yañez-Espinosa y Sosa-Sosa, 2007
Cuicatlán-Tehuacán: s2	Oaxaca	<i>D. purpusii</i>	80	Yañez-Espinosa y Sosa-Sosa, 2007
Cuicatlán-Tehuacán: s3	Oaxaca	<i>D. purpusii</i>	11	Yañez-Espinosa y Sosa-Sosa, 2007
Promedio	Oaxaca	<i>D. purpusii</i>	21	
El Potrero	Oaxaca	<i>D. spinulosum</i>	2594	Salome-Castañeda, 2009
Cerro Bola	Oaxaca	<i>D. spinulosum</i>	3528	Salome-Castañeda, 2009
Promedio	Oaxaca	<i>D. spinulosum</i>	3061	



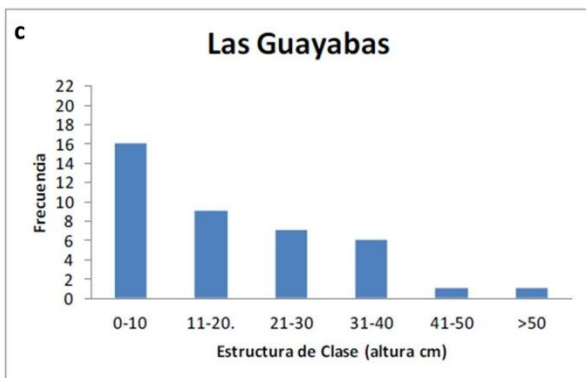
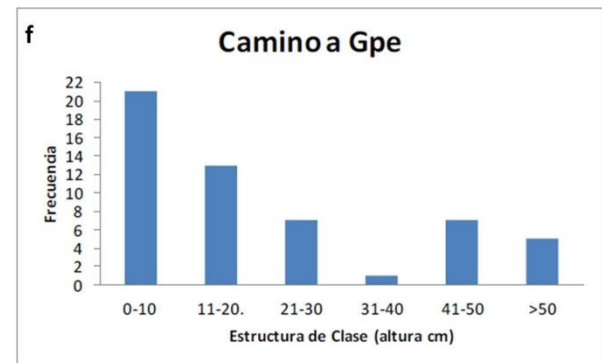
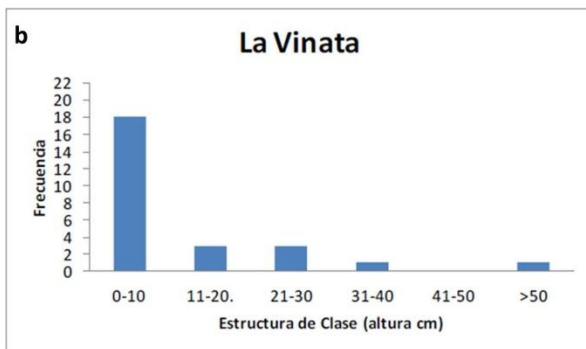
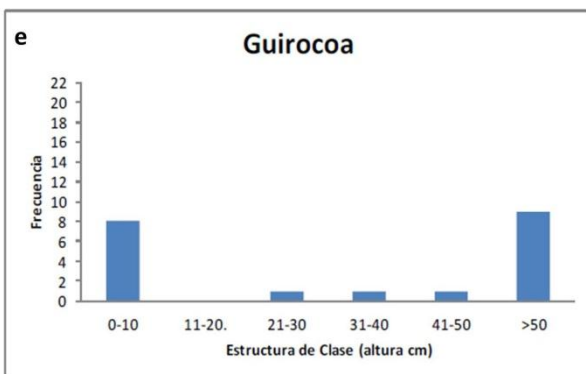
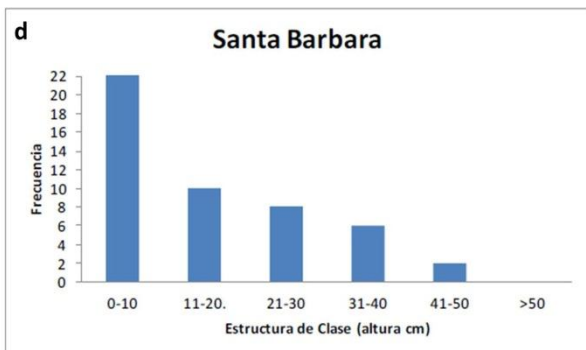


Figura 6a-g. Estructura de clase por altura del tronco (cm) por sitio en *Dioon sonorense*.



La Sierrita presentó una estructura con tendencia al tipo III es decir existen más adultos que plántulas o juveniles. Mientras que Guirocoa tuvo una estructura indeterminada debido a que existe mayor frecuencia en los primeros y últimos estadios, pero una baja o nula frecuencia en los intermedios (juveniles). Se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre clases y sitios (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 18.38$, $p \leq 0.003$).

Las tres variables dendrométricas analizadas (altura, diámetro y producción de hojas totales) en los individuos adultos, se encontró que las plantas más altas y con mayor producción de hojas se encuentran en Guirocoa (Cuadro 3), mientras que las plantas con mayor diámetro están en la Sierrita (Figura 7a-g).

Cuadro 3. Prueba de Kruskal-Wallis para rangos promedios entre sitios entre variables dendrométricas de plantas adultas.

Sitio	Frecuencia	Altura Rango Promedio	Diámetro Rango Promedio	Hojas Rango Promedio
Guirocoa	18	113.222	108.64	132.083
La Sierrita	15	135.53	128.43	116.83
Las Guayabas	35	83.29	97.69	97.0
Camino a Guadalupe	46	89.011	90.27	95.36
La Barranca de la Vinata	20	89.4	97.08	81.6
La Vinata	8	102.875	105.75	148.75
Santa Bárbara	40	74.0375	60.3	47.9875
Kruskal-Wallis		19.30	24.62	52.45
P		0.0036	0.00040	1.5089E-9

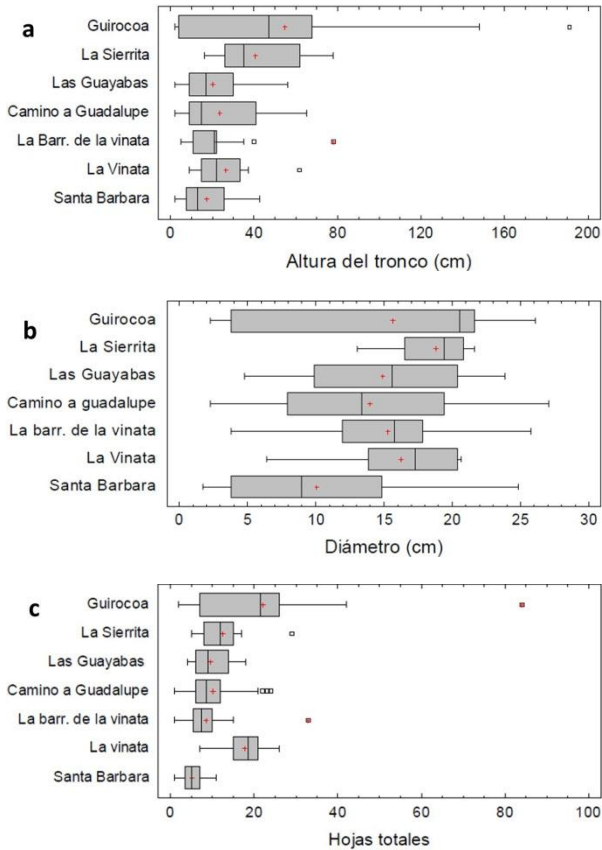


Figura 7a-c. Comparación de medias entre los sitios en las variables dendrométricas.

La figura 8, muestra una relación entre el diámetro del tronco y el número de hojas por individuo. Estas variables fueron ajustadas al modelo raíz cuadrada-Y para describir la relación entre hojas totales y diámetro del tallo $Y = (1.37838 + 0.112265 \cdot X)^2$; $F = 218.36$, $p \leq 0.0001$; $R^2 = 0.49$. El estadístico R^2 indica que el modelo explica un 49% de la variabilidad en hojas totales después de la transformación a escala raíz cuadrada. El coeficiente de correlación (r) (0.69), indica una relación moderadamente fuerte entre las variables. Dado que el valor de $p \leq 0.0001$, existe una relación estadísticamente significativa entre hojas totales y diámetro del tallo para un nivel de confianza del 99%. El número máximo de hojas es alcanzado cuando la planta alcanza un diámetro de 25 cm.

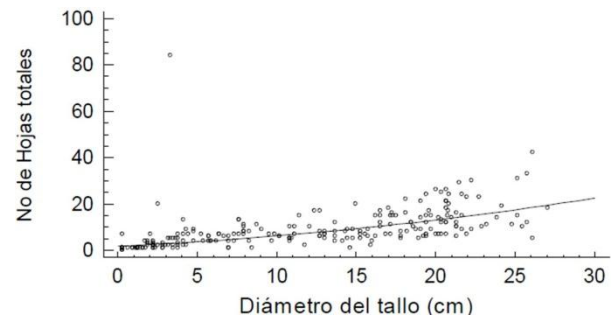


Figura 8. Relación entre el diámetro del tallo y el número de hojas producidas en *Dioon sonorense*.

La figura 9, muestra una relación entre la altura del tronco y el número total de bases o cicatrices foliares del tronco y estas variables también están fuertemente correlacionadas en una regresión lineal ($Y = -538.057 + 99.0624 \cdot X$); $F = 2379.16$, $p \leq 0.0001$; $R^2 = 0.91$). Dado que el valor de $p \leq 0.001$, existe una relación estadísticamente significativa entre bases totales y altura del tronco para un nivel de confianza del 99%. El estadístico R^2 indica que el modelo explica un 91.11% de la variabilidad en bases totales o cicatrices foliares. El valor $r = 0.95$, indica una relación relativamente fuerte entre las variables. La grafica además muestra que la producción de cicatrices o bases se mantiene constante mientras la planta crece en altura.

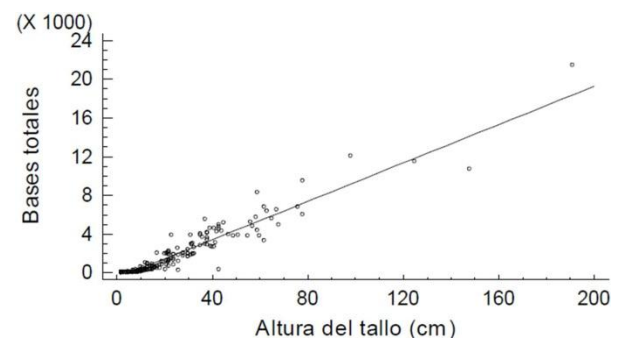


Figura 9. Relación entre la altura del tronco y la producción de bases o cicatrices foliares del tronco en *Dioon sonorense*.

La figura 10, muestra la relación entre la altura y el diámetro del tronco. Cuando las plantas alcanzan una altura entre los 18 y 22 cm, se incrementa el número de bases por la elongación del tronco y producción de hojas, mientras que el diámetro permanece sin crecimiento. Estas variables al igual que las anteriores también están asociadas fuertemente en una regresión exponencial $Y = \exp(0.852745 + 0.136429 \cdot X)$; $F =$

995.44, $p \leq 0.0001$; $R^2 = 0.81$). Dado que el valor de p fue menor a 0.001, existe una relación estadísticamente significativa entre altura y diámetro para un nivel de confianza del 99%. El estadístico R^2 indica que el modelo explica un 81.09% de la variabilidad en altura. $r = 0.9$, indica una relación relativamente fuerte entre las variables. El diámetro máximo es alcanzado cuando la planta alcanza una altura de 60 cm.

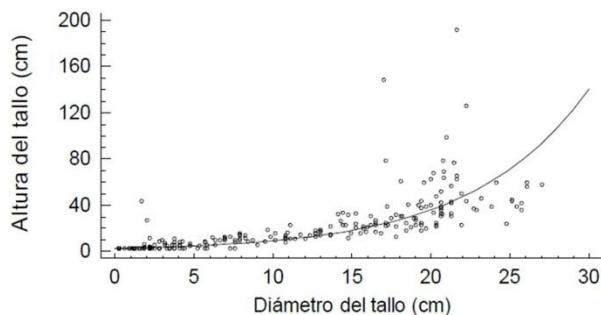


Figura 10. Relación entre el diámetro y la altura del tronco en *Dioon sonorense*.

Para la producción de conos y semillas, se analizaron seis conos que produjeron: 50, 90, 170, 130, 97, 112 semillas por cono y un promedio de 108 semillas (Cuadro 4). Esto significa que si se multiplica el promedio de producción de semillas por el número de plantas hembras que se localizaron en el momento de realizar el estudio, existe una producción potencial por año de 2592 semillas. Esto sin tomar en cuenta otros factores, por ejemplo número de semillas abortivas (óvulos no fecundados en el momento de la polinización), predación, dispersión y desecación).

Cuadro 4. Producción de semilla en diferentes especies de *Dioon* en México.

Especie	Estado	Promedio de producción de semillas	Referencia
<i>D. sonorense</i>	Sonora	108	Este estudio
<i>D. spinulosum</i>	Oaxaca	250	Salomé-Castañeda, 2009
<i>D. merolae</i>	Chiapas	112	Pérez-Farrera, 1994
<i>D. edule</i>	Veracruz	168	Octavio-Aguilar, 2009

El cuadro 5, presenta los resultados de un análisis de componentes principales, basado en los datos del cuadro 1. El propósito del análisis fue obtener un pequeño número de combinaciones lineales de las cuatro variables (pH, profundidad del suelo, pendiente y cobertura) que explican la mayoría de la variabilidad en los datos (Figura 11). En este caso, se extrajeron dos

componentes, ya que los 0 componentes tenían autovalores mayores o iguales a 1.0. Juntos explican el 77.23% de la variabilidad en los datos originales. Estos resultados sugieren que las variables profundidad del suelo y cobertura aportan la mayor variación en relación a la abundancia de *D. sonorense* (Cuadro 6).

Los resultados de las correlaciones bivariadas entre la abundancia y factores ambientales como profundidad de suelo, pH, cobertura y pendiente, demuestran una fuerte asociación de la abundancia de adultos y abundancia total con respecto a la pendiente (Cuadro 7; Figuras 12 y 13) y una fuerte correlación entre profundidad del suelo, cobertura y abundancia, aunque estas relaciones no fueron significativas (Cuadro 7).

Cuadro 5. Resultados del análisis de componentes principales.

Componente Número	Autovalor	Porcentaje de Varianza	Acumulado Porcentaje
1	2.03839	50.960	50.960
2	1.05088	26.272	77.232
3	0.716519	17.913	95.145
4	0.194215	4.855	100.000

Cuadro 6. Pesos de los componentes.

Variables	Componentes 1	Componentes 2
Profundidad del suelo	0.610583	0.34972
pH	-0.571416	-0.396116
Cobertura	-0.326707	0.701186
Pendiente	0.44038	-0.478672

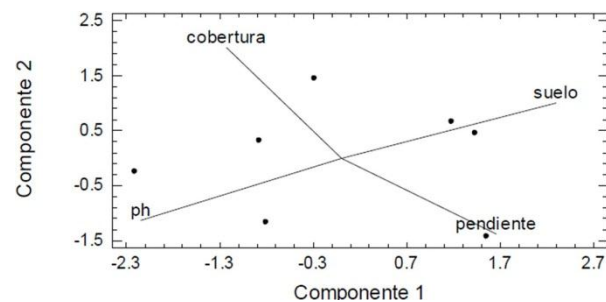


Figura 11. Análisis de componentes principales Biplot.

Cuadro 7. Relación entre la abundancia total, la abundancia de adulto, la abundancia de plántulas, con variables ambientales. Las relaciones marcadas en negrita es donde existe una relación estadísticamente significativa.

Variables asociadas	Modelo ajustado	F	P	R	R ²
Abundancia total-prof. del suelo	Inverso-X: $Y = a + b/X$	0.76	0.42	0.36	0.13
Abundancia adulto-prof. del suelo	Curva-S: $Y = \exp^{(a + b/X)}$	1.02	0.35	0.41	0.17
Abundancia plántula-prof. del suelo	Raíz Cuadrada-Y: $Y = (a + b*X)^2$	1.93	0.22	0.52	0.28
Abundancia total-pH	Inverso-X: $Y = a + b/X$	0.23	0.65	-0.21	0.04
Abundancia adulto-pH	Doble Inverso: $Y = 1/(a + b/X)$	1.32	0.30	0.45	0.21
Abundancia plántula-pH	Inverso-X: $Y = a + b/X$	1.74	0.24	0.5	0.26
Abundancia total-Cobertura	Lineal $Y = a + b*X$	1.78	0.29	0.51	0.27
Abundancia adulto-Cobertura	Lineal $Y = a + b*X$	0.94	0.37	0.39	0.16
Abundancia plántula-Cobertura	Lineal $Y = a + b*X$	0.58	0.48	0.32	0.1
Abundancia total-pendiente	Inverso-X: $Y = a + b/X$	34.36	0.002	0.93	0.87
Abundancia adulto-pendiente	Inverso-X: $Y = a + b/X$	26.54	0.004	0.91	0.84
Abundancia plántula-pendiente	Raíz Cuadrada-Y: $Y = (a + b*X)^2$	0.03	0.87	-0.07	0.0053

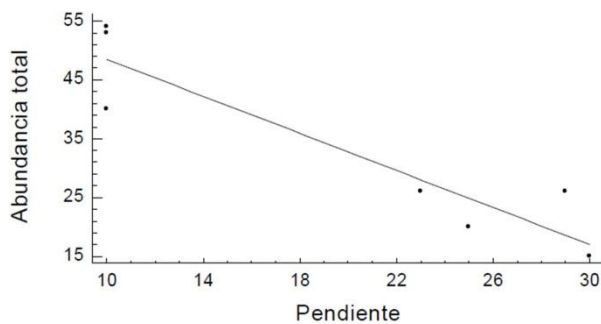


Figura 12. Relación entre la pendiente (°) y la abundancia total de *Dioon sonorese* ($Y=5.11034 + 439.242/X$).

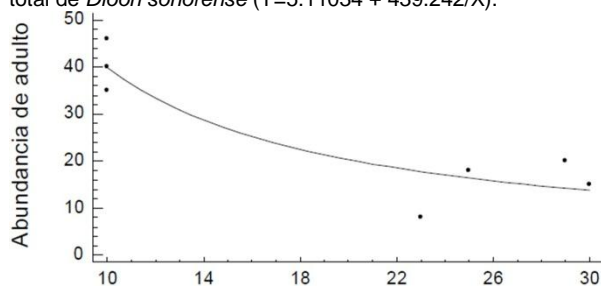


Figura 13. Relación entre la pendiente (°) y la abundancia de adultos de *Dioon sonorese* ($Y = 0.734554 + 391.891/X$).

Los hábitat donde actualmente crece *D. sonorese* son bosque de encino y bosque tropical caducifolio. Las poblaciones donde crece *Dioon sonorese* fueron antiguamente bosque de encino (por ejemplo La Vinata y La Barranca de la Vinata) que al realizar el aprovechamiento de los árboles de *Quercus* se convirtieron en bosque tropical caducifolio (comunicación personal de los ejidatarios de Choquincahui, municipio de Álamos, Sonora). Es decir actualmente está dominado por especies de bosque tropical caducifolio y pueden observarse algunos encinos aislados. El hábitat está dominado en el estrato arbóreo por *Guazuma ulmifolia*, *Acaciella* sp., *Leucaena diversifolia*, *Lysiloma* aff. *divaricatum*, *Tabebuia* aff. *donnell-smithii*, *Acacia cochliacantha*, *Cordia sonora*, *Euphorbia* aff. *colletioides*, *Alvaradoa amorphoides*, *Bursera fagaroides*, *B. stenophylla*, *Tabebuia impetiginosa*, *Sebastiania pavoniana*, *Trichilia hirta*, *Acacia pennatula*, *Pseudobombax palmeri*, *Erythroxylum flabelliforme*, *Karwinskia humboldtiana*, *Senna atomaria*, *Haematoxylon brasiletto*, *Quercus albocincta*, *Stemmadenia tomentosa*. El estrato arbustivo está dominado por *Acalypha macrostachya*, *Sida aggregata*, *Caesalpinia pulcherrima*, *Stemmadenia*

tomentosa, *Randia echinocarpa*. El estrato herbáceo se encuentra dominado por *Desmodium tortuosum*, *Senna pallida*, *Ruellia inundata*, *Elytraria imbricata*, *Indigofera* sp., *Gaudichaudia albida*. Otros elementos importantes dentro de estos bosques son palmas como *Brahea aculeata*, cactáceas como *Ferocactus pottsii*, *Opuntia wilcoxii*, *Pachycereus pecten-aboriginum*, *Stenocereus turberi*, *Agave vilmoriniana*, *A. bovicornuta* y *A. angustifolia*.

Todos los sitios muestreados en general están en malas condiciones de conservación con respecto a su hábitat. En sitios como La Vinata, La Barranca de la Vinata, Las Guayabas, se encontró pastoreo de ganado vacuno. Los sitios de camino a Guadalupe y Poza Azul se encontraron en un estado de conservación intermedio. Los sitios Cusal de los Chorros, Las Guayabas y Los Altares se registró saqueo en años pasados por extranjeros. En todos los sitios se observó restos de incendios de tiempo pasados.

Discusión y Conclusiones: Las poblaciones de cícadas son raras puesto que no se encuentran sobre amplias extensiones de suelo y a menudo estas poblaciones son escasas (Norstog y Nicholls 1997). Se ha encontrado que poblaciones de cícadas en general tienden a presentar una baja densidad comparada con otros grupos de gimnospermas tales como las Pinaceae (ejemplo *Pinus*) que pueden formar bosques densos. Se puede considerar a *D. sonorese* como la especie nortea más rara dentro del grupo de Dioones raros de México por su baja densidad tales como sus homólogos *Dioon caputoi* y *D. purpusii* que se encuentran en el sur de México.

Estas densidades bajas en las poblaciones de *Dioon sonorese* pueden ser debido a varios factores: 1) una colecta indiscriminada en tiempo pasados, 2) disturbio antropogénico de su hábitat recurrentemente (ganadería), 3) cambio de uso de suelo de bosque de encino a bosque tropical caducifolio. En resumen, los resultados sobre su abundancia sugieren que esta especie es muy rara y que debe privilegiarse su conservación.



La estructura poblacional que se encontró en *D. sonorensis* es similar a la encontrada en muchas especies de cícadas mexicanas, como *Dioon edule* (Vovides 1990), *Dioon spinulosum* (Salome-Castañeda 2009), *Dioon purpusii* (Yáñez-Espinosa y Sosa-Sosa, 2007), *Dioon merolae* (Lázaro-Zermeño *et al.* 2010), *Ceratozamia matudae* (Pérez-Farrera *et al.* 2000; Pérez-Farrera y Vovides 2004) y *C. mirandae* (Pérez-Farrera *et al.* 2006), corresponde a la estructura tipo I de acuerdo a Bonger *et al.* (1988), Martínez-Ramos y Álvarez-Buylla (1995) y Peter (1996). Lo anterior indica gran mortalidad de plántulas y estados juveniles, lo cual también ha sido observado en *Zamia amblyphyllidia* y *Encephalartos villosus* (Negrón-Ortiz *et al.* 1996; Raimondo y Donaldson 2003). Lo más preocupante es que dentro de estas estructuras, se observaron en algunos sitios, estructuras discontinuas lo que puede sugerir varias explicaciones: a) en un tiempo pasado hubo colecta ilegal selectiva donde se colectaron estos estadios, b) la tasa de mortalidad de los estadios plántulas a juveniles es alta, c) actividades antropogénicas en el pasado afectaron estos estadios, d) la tasa de mortalidad entre un estadio y otro no es constante y es más alta en esos estadios o estructuras faltantes.

En la Sierrita, la situación es aún más preocupante por el tipo de estructura tipo III que se encontró. Esta localidad es la más cercana a la Ciudad de Álamos y esta estructura podría sugerir que existe una colecta o extracción de los primeros estadios (semillas, plántulas y juveniles) y no existe reclutamiento, lo que a la larga conllevará a la extinción de la población.

Las clases de tamaño basadas en el número de hojas y en un índice de foliolos por hoja, se usaron para determinar la estructura poblacional de *Zamia debilis*, generando una curva J invertida, en un estudio realizado en Puerto Rico (Negrón-Ortiz y Breckon 1989). En Colombia, López-Gallego (2008) encontró que la estructura poblacional de *Z. melanorrhachis*, basada en el número de foliolos por individuo, en general presenta mayor proporción de plántulas y juveniles que de plantas adultas.

Con respecto a las alturas, diámetros y producción de hojas de *D. sonorensis* que se presentan en este trabajo, difieren con los resultados presentados por Morales-Felix *et al.* (2010). Esto es debido a que solamente se consideraron para el análisis las plantas adultas.

Las relaciones alométricas encontradas en *D. sonorensis* son muy similares a las de *D. merolae* (Lázaro-Zermeño 2002) y *D. edule* por Vovides (1990), no obstante existen algunas pequeñas diferencias. *D. merolae* alcanza su mayor producción de hojas a diámetro mucho menor (20-25 cm) que *D. edule* (25-30 cm), en tanto que *D. sonorensis* se encuentra entre los 17.5 y 22.5 cm. De igual forma el máximo diámetro lo alcanza cuando la planta llega a alturas de 45 cm y son diferentes en *D. edule* (40-50 cm) por lo que es muy probable que entre ambas especies existan diferencias en su tasa de crecimiento.

En *D. spinulosum*, también se encontraron relaciones positivas entre variables al considerar la alometría, donde el mejor ajuste de los datos se obtuvo con modelos de regresión polinómica de segundo orden. Las plantas con diámetros mayores alcanzaron las mayores alturas. Sin embargo, en otros sitios donde crece *D. spinulosum*, las plantas con diámetros mayores no necesariamente fueron las más altas. Los análisis demostraron cierta dependencia del número de hojas por planta respecto al diámetro del tronco. Se encontró que cuando las plantas son jóvenes tienen menos hojas. Las plantas de *D. spinulosum* con diámetro entre 30 y 50 cm tienen alrededor de 135 hojas; el número máximo registrado fue de 150 en una planta de 62 cm de diámetro y 6 m de altura. El número de hojas máximo registrado fue de 131 en una planta de 33 cm de diámetro (Salome-Castañeda 2009). Mientras que el número máximo registrado en *D. sonorensis* fue de 42 hojas en una planta de 26 cm de diámetro.

Las cícadas están entre las plantas vivientes más longevas y de lento crecimiento, por lo que es probable que individuos arborescentes de gran tamaño sean muy viejos (Norstog y Nicholls 1997). Sin embargo, hay



especies que presentan un crecimiento más acelerado que otras, por ejemplo *Zamia*. Chamberlain (1909) sugiere que un individuo de *Dioon spinulosum* de 10 m de altura no es más viejo que uno de *Dioon edule* de un metro. Chamberlain (1919), propuso un método con el que estimó la edad de *Dioon edule* en un individuo hembra de 1.6 m de altura cultivado en un jardín en Xalapa, Ver., el cual estimó en 970 años. El método de Chamberlain fue modificado por Vovides y Peters (1987), el cual se basa en la relación de la producción anual de hojas promedio por planta y el número total de bases de hojas persistentes en troncos, por clases de altura. Dicho método ha sido utilizado para hacer aproximaciones de la edad de *Dioon edule* (Vovides 1990), *Ceratozamia matudae* (Pérez-Farrera y Vovides 2004) y *C. mirandae* (Pérez-Farrera et al. 2006). Watkinson y Powell (1997) calcularon la edad aproximada de individuos arborescentes de *Cycas armstrongii*, considerando la tasa de crecimiento observada; sin embargo, éstas están muy por debajo a lo estimado para *D. edule* con el método de Vovides y Peters (1987), quienes calcularon edades de más de 2000 años para especímenes de 3 m de alto, a pesar de considerar las características propias de cada especie. Lo anterior muestra el grado de dificultad para obtener excelentes aproximaciones en el cálculo de la edad de cícadas.

Hay que destacar que la producción de semillas en *Dioon sonorensis* es baja, esto es apoyado por los resultados encontrados por Álvarez-Yépiz et al. (2010). Incluso es baja comparada con otras especies de este mismo género (Cuadro 4). Lo que sería importante es determinar la frecuencia de producción de conos en *D. sonorensis*. Se sabe en *Dioon edule* y *D. merolae* (Vovides 1990; Lázaro-Zermeño 2002) que la producción de conos sobre todo femenino no es constante año con año. A veces tardan en producir un nuevo cono hasta dos años. Mientras que los conos masculinos pueden producirlos año con año. Esta diferencia en la producción de conos está relacionada con el gasto energético, puesto que los conos femeninos son más grandes la energía que se invierte

para producirlos es mayor, por ende es muy posible que los individuos una vez que producen conos femeninos entren en un proceso de “descanso o letargo” de dos años para producir un nuevo cono (Vovides 1990). Mientras, por ejemplo se ha registrado en *D. spinulosum*, la producción de hasta dos conos masculinos en un año, y en algunas, la producción de un cono en dos años consecutivos (Salome-Castañeda 2009).

También se ha encontrado una relación entre los incendios que se producen en el bosque de forma natural con la producción de conos (Grobbelet et al. 1989; Grove et al. 1980). Esto está relacionado debido a que cuando hay un incendio se liberan nutrientes al suelo producto de la quema.

Con respecto a la abundancia y su relación con factores ambientales, los resultados concuerdan con lo encontrado con Álvarez-Yépiz et al. (2010), en donde se encontró una asociación entre la abundancia de adulto y de plántula con respecto a la pendiente, sin embargo los ajuste de los modelos fueron diferentes, quizás al equipo utilizado (rango de error y/o precisión del equipo) y lugar en donde se tomó la lectura de la pendiente. Se encontró una fuerte relación entre la abundancia de plántula, la profundidad del suelo y el pH y una relación entre la abundancia total y la cobertura. Sin embargo estas asociaciones no fueron estadísticamente significativas (Cuadro 7). En *D. edule*, *D. merolae* y *D. spinulosum* se ha encontrado una relación entre el establecimiento de las primeras etapas o estadios (plántulas) con la profundidad del suelo. Normalmente estas especies están asociadas a suelos pocos profundos (Vovides 1990; Lázaro-Zermeño 2002; Salome-Castañeda 2009). También se ha encontrado lo mismo con otras especies de cícadas como *Ceratozamia matudae* y *Ceratozamia mirandae* (Pérez-Farrera et al. 2000; Pérez-Farrera y Vovides 2004; Pérez-Farrera et al. 2006).

Álvarez-Yépiz et al. (2010) encontró una asociación entre la abundancia y el potasio (K) y esto está relacionado subsecuentemente con pendientes suaves



(10°) donde en las partes bajas se acumulan nutrientes como el potasio (K).

Morales-Felix *et al.* (2010) y Álvarez-Yepiz *et al.* (2010) estudiaron y caracterizaron el hábitat de *Dioon sonorensis*. Los primeros autores, determinaron el valor de importancia ecológica (VIR) para cada población en donde se realizó este estudio; determinaron que las especies más importantes fueron: *Guazuma ulmifolia*, *Brahea aculeata*, *Stemmadenia tomentosa*, *Quercus tuberculata*, *Quercus albocincta*, *Bursera stenophylla* y son las mismas especies que se presentan aquí. Es importante recalcar que en las poblaciones hay comunidades de cactáceas como *Ferocactus pottsii*, *Opuntia wilcoxii*, *Pachycereus pecten-aboriginum*, *Stenocereus turberi*.

Sugerencias y Recomendaciones para su Conservación. Se puede resumir las condiciones de las poblaciones en lo siguiente: 1) En general las poblaciones del estadio adulto de la mayoría de las poblaciones son pequeñas y están depauperadas, 2) existe una baja calidad del hábitat dentro de la mayoría de las poblaciones (existe ramoneo y pastoreo de ganado vacuno, extracción de leña), 3) hay baja densidad, fecundidad y reclutamiento, 4) las estructuras poblacionales aunque tienen una estructura tipo I en la mayoría de los casos (que ecológicamente se consideran las más estables para el manejo y aprovechamiento) tienen reclutamiento discontinuo (quizás por efecto de extracción y colecta ilegal de estos estadios), 5) presentan baja tasa de germinación y sobrevivencia de un estadio a otro, 6) sin embargo presentan altas tasas de heterocigocidad (González-Astorga *et al.* 2008 y 2009), 7) normalmente las semillas de *Dioon* en su hábitat natural pierden más del 50% por desecación y depredación ya que son recalcitrantes (Pérez-Farrera y Vovides 1997; Pérez-Farrera *et al.* 1999). Álvarez-Yepiz *et al.* (2010) mencionan que el 60% de las semillas de *D. sonorensis* llegan a estado de plántula, de las cuales solamente el 30% sobrevive.

Toda esta información demográfica y genética apoya sustancialmente el manejo, propagación y

conservación de *D. sonorensis* mediante el establecimiento de viveros in situ tal como lo han propuesto (González-Astorga *et al.* 2009; Álvarez-Yepiz *et al.* 2010). Por lo que se hacen las siguientes recomendaciones y sugerencias para su manejo a nivel poblacional y de su hábitat, así como también para su cultivo y manejo en vivero in situ.

Establecer un vivero in situ que tenga como finalidad su conservación a través de un programa de propagación, cultivo, reintroducción y comercialización. Manejar las poblaciones naturales como plantas madres y cosechar las semillas. De las que lleguen a etapa de plántula establecer un programa de reintroducción sobre todo en las poblaciones donde existe un nulo reclutamiento: Cusal de Los Chorros, Los Altares, Poza Azul, La Barranca de la Vinata, Camino a Guadalupe, Las Guayabas.

Establecer un programa de vigilancia, reintroducción y monitoreo de esta especie a través de los programas de empleo temporal del gobierno federal.

Establecer de manera experimental un programa de polinización manual de las poblaciones de *Dioon sonorensis* (polinización húmeda o en seco) para incrementar la producción de semillas y por ende la tasa de aprovechamiento. Evaluar la productividad de poblaciones por efecto de la polinización manual.

Cajetear y colocar solamente en los individuos adultos reproductivos carbonilla triturada o en polvo y/o cenizas que provengan de las estufas o fogones de las casas del ejido Choquincahui. En las cícadras se ha registrado un incremento y estimulación en la producción de conos después de un incendio (Grobbe *et al.* 1989; Grove *et al.* 1980). La carbonilla triturada o ceniza tendrá el mismo efecto y podrá elevar la producción de conos y por ende la producción de semillas. Esto se ha observado en una especie de cícadras en el sur de México: *Ceratozamia norstogii*, en Australia con *Macrozamia riedlei* y en África con *Encephalartos transvenosus*. Así mismo, evaluar el efecto del uso de carbonilla.

Realizar encierros especiales donde se encuentran las poblaciones de *Dioon sonorensis* para evitar el



ramoneo y pastoreo sobre las plántulas y juveniles, para elevar las tasas de sobrevivencia de estos estadios.

Realizar un monitoreo tanto de las poblaciones naturales, como de las plántulas reintroducidas para ver efectos raros del ambiente (fuegos, sequias, efecto de niño o niña). Así como evaluar el mejor estadio reproductivo para la reintroducción a las poblaciones naturales.

Extremar el cuidado sobre todo en los adultos reproductivos que son los que aportan el reclutamiento de la población y evitar la extracción de plántulas y juveniles (Los Altares o la Sierrita), el corte de leña en las áreas donde se localizan las poblaciones más vulnerables o en riesgo de extinción de *D. sonorensis*.

Combinar las actividades de reintroducción de individuos con actividades de restauración de áreas degradadas, acahuales, pastizales o potreros no utilizados con especies con *Quercus albocincta*, *Q. chihuahuensis*, *Q. tuberculata*, *Pinus chihuahuana*, *Ceiba acuminata*, *Tabebuia impetiginosa*, *Guazuma ulmifolia*, *Heliconia palmeri* y *H. attenuatus*.

Se sugiere evaluar, monitorear y contrastar la dinámica poblacional de *Dioon sonorensis* que se encuentran dentro de la reserva con poblaciones que se encuentran fuera de la reserva (Mazatan, El Novillo y Nuri) como un modelo para evaluar la incidencia de los programas de conservación en la reserva de Álamos.

Recomendaciones para Mejorar el Protocolo de Monitoreo. Incrementar de tres a seis cuadrantes por sitios para el monitoreo. Incrementar el tamaño del plot de 20x20 a 30x30 m. Contrastar los datos demográficos (densidad, estructura, natalidad y mortalidad) de poblaciones que se encuentran dentro de la reserva con poblaciones que no se encuentren dentro de la reserva, para analizar el impacto de los programas de conservación y su efecto antropogénico. Analizar la variación genética utilizando marcadores moleculares que pueden dar mayor información sobre la variabilidad, diversidad y flujo genético (por ejemplo microsatélites). Correlacionar su ecología y su variación genética para encontrar explicaciones de carácter

evolutivo que puedan dar mayor soporte para su conservación. Determinar la edad de las poblaciones de *Dioon sonorensis* utilizando el método descrito de Vovides y Peters (1987). Conocer la producción de hojas anuales para determinar la edad y correlacionarlo con información de la calidad del hábitat. Correlacionar la eficacia reproductiva con la calidad del hábitat de cada población.

Bibliografía:

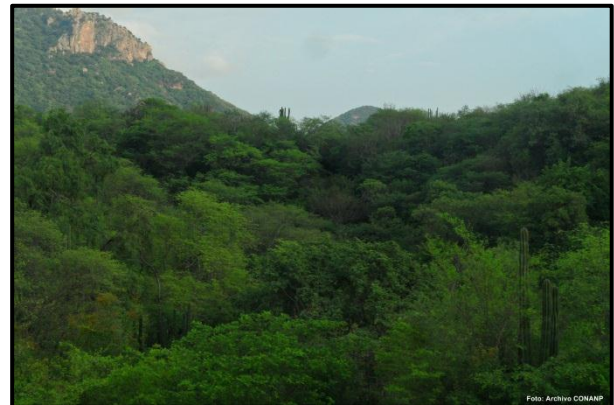
- Álvarez-Yepiz, J. C., Martin Dovciak, M. y Burquez, A. 2010. Persistence of a rare ancient cycad: Effects of environment and demography. *Biological Conservation*. 144:122-130.
- Begon, M., J. L. Harper y Townsend, C. R. 1990. *Ecology: individual, populations and communities*. Blackwell, Boston.
- Chamberlain, C. J. 1909. *Dioon spinulosum*. *Bot. Gaz.* 48(6): 401-413.
- Chamberlain, 1919. *The living cycads*. Hafner, New York.
- Chemnick, J., Gregory, T. J. & Salas-Morales, S. 1997. A revision of *Dioon tomasellii* (Zamiaceae) from western Mexico, a range extension of *D. merolae*, and clarification of *D. purpusii*. *Phytologia*. 83: 1-6.
- CONANP. 2003. Programa de Manejo en revisión.
- De Luca, P., Sabato, S. & Vázquez-Torres, M. 1984. *Dion tomasellii* (Zamiaceae), a new species with two varieties from western Mexico. *Brittonia*. 36(3): 223-227.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía-UNAM. México.
- Gonzalez-Astorga, J., Vergara-Silva, F., Vovides, A. P., Nicolalde-Morejon, F., Cabrera Toledo, D. y Pérez-Farrera, M. A. 2008. Diversity and genetic structure of three species of *Dioon* Lindl. (Zamiaceae, Cycadales) from the Pacific seaboard of Mexico. *Biological Journal of the Linnean Society*. 94: 765-776.
- González-Astorga, J., Vovides, A. P., Cabrera-Toledo, D. y Nicolalde-Morejón, F. 2009. Diversity and genetic structure of the endangered cycad *Dioon sonorensis* (Zamiaceae) from Sonora, Mexico: Evolutionary and conservation implications. *Biochemical Systematics and Ecology*. 36: 891-899.
- Grobbelaar, N., Meyer, J. J. y M. Burchmore. 1989. Conning and sex ratio of *Encephalartos transvenosus* at the Modjadji Nature Reserve. *South African Journal of Botany*. 55: 79-82.



- Grove, T. S., A. M. O'Connell y Malajczuk, N. 1980. Effects of fire on the growth, nutrient content and rate of nitrogen fixation of the cycad *Macrozamia riedlei*. Australian Journal of Botany. 28: 271-281.
- INE-SEMARNAP. 2000. Protección, conservación y recuperación de la familia Zamiaceae (Cycadales) de México. México.
- IUCN. 2004. IUCN Red List of Threatened Species. IUCN. www.redlist.org (accesed 21.02.10).
- Krebs, C. J. 1985. Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia. 2 ed. 1 ed. En español. Edit. Harla SA de CV. México.
- Lázaro Zermeño, J. 2002 Dinámica poblacional de *Dioon merolae* en dos poblaciones de la Depresión Central de Chiapas. Tesis de licenciatura en biología. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- Lázaro-Zermeño, J. M., González-Espinosa, M., Mendoza, A., Martínez-Ramos, M. y Quintana Ascencio, P. F. 2010. Individual growth, reproduction and population dynamics of *Dioon merolae* (Zamiaceae) under different leaf harvest histories in Central Chiapas, Mexico. Forest Ecology and Management. 261: 427-439.
- López-Gallego, C. 2008. Demographic variation in cycad population inhabiting contrasting forest fragments. Biodiversity Conservation. 17: 1213-1225.
- Lot, A. y Chiang, F. 1987. Manual de herbario: administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. Consejo Nacional de la Flora de México. A. C. México. 142 p.
- Martínez-Ramos, M. y Álvarez-Buylla, E. 1995. Ecología de poblaciones de plantas en una selva húmeda de México. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 56:121-153.
- Morales Félix, O., Rojero, E. y Yanes Arvayo, G. 2010. Ecología y hábitat de *Dioon sonorensis* (palma de la virgen) en el APFF "Sierra de Álamos Río Cuchujaqui, Sonora" México. VII Simposio Internacional sobre la Flora Silvestre en Zonas Áridas. 17-20 Marzo. Universidad de Hermosillo, Sonora.
- Negrón-Ortiz, V. y Breckon, J. 1989. Populations 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 Science. 157: 605-614.
- Norstog, J. K. y Nicholls, J. T. 1997. The biology of the cycads. Cornell University Press, United States of America.
- Pérez Farrera M. A. y Vovides A. P. 1997. Manual para la propagación y cultivación de Cícadas. Instituto Nacional de Ecología. México DF. pp 31.
- Pérez-Farrera, M. A., Vovides, A. P. y Álvarez Moctezuma, J. G. 1999. A study on seed germination of the cycad *Dioon merolae* (Zamiaceae). New Plantsman. 6: 214-218.
- Pérez-Farrera, M. A., Quintanilla-Ascencio, P. F., Salvatierra, B. I. y Vovides, A. P. 2000. Population dynamics of *Ceratozamia matudai* Lundell (Zamiaceae) in the Triunfo Biosphere Reserve, Chiapas, Mexico. Journal of the Torrey Botanical Club. 127: 291-299.
- Pérez-Farrera, M. A. y Vovides, A. P. 2004. Spatial distribution, population structure and fecundity of *Ceratozamia matudai* Lundell in The Triunfo Biosphere Reserve, Chiapas, México. The Botanical review. 70: 299-311.
- Pérez-Farrera, M. A., Vovides, A. P., Octavio-Aguilar, P., González-Astorga, J., De La Cruz, R. J., Hernández, J. R. y Maza-Villalobos-Méndez, S. 2006. Demography of the cycad *Ceratozamia mirandae* (Zamiaceae) under disturbed and undisturbed conditions in a biosphere reserve of Mexico. Plant Ecology. 187:97-108.
- Peters, C. 1996. Aprovechamiento sostenible de recursos no maderables en bosque húmedo tropical: Un manual ecológico. Programa de Apoyo a la Biodiversidad. New York Botanical Garden. E. U. 49 pp.
- Raimondo, D. C. y Donaldson, J. S. 2003. Responses of cycads with different life histories to the impact of plant collecting: simulation models to determine important life history stages and populations recovery times. Biological Conservation 111: 345-358.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México.
- Salomé Castañeda, E. 2009. Parámetros demográficos de *Dioon spinulosum* Dyer & Eichler (Zamiaceae), en San Miguel Soyaltepec, Oaxaca. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto de Ecología A.C., Xalapa, México, 129pp.
- SEMARNAT NOM-059-ECOL-2010. Diario Oficial de la federación.



- Vovides, A. P. y Peters, C. M. 1987. *Dioon edule*: la planta más antigua de México. Ciencia y Desarrollo 73: 19-24.
- 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 Botany. 77: 1532–1543.
- Vovides, A. P. y F. Nicolalde-Morejón. 2010. Ficha técnica de *Dioon sonorensis*. En: Vovides, A. P. (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.
- Yáñez-Espinosa, L. y Sosa-Sosa, F. 2007. Population structure of *Dioon purpusii* Rose in Oaxaca, Mexico. Neotropical Biology and Conservation. 2: 46-54.
- 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.
- Whitelock, L. 2002. The Cycads. Timber Press. Portland, Oregon.



La forma de citar este documento es la siguiente:

Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Álamos Río Cuchujaqui. 2011. Monitoreo de la palma de la virgen (*Dioon sonorensis*) en el Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Álamos Río Cuchujaqui. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Disponible en internet desde: **Dirección por asignar**. [Consulta: **Fecha de la consulta**].