

# Estructura, densidad poblacional y relaciones alométricas de *Beaucarnea goldmanii* Rose y *Beaucarnea sanctomariana* L. Hern. (Asparagaceae) en Chiapas y Oaxaca, México.

Miguel Ángel Pérez-Farrera<sup>1</sup>, Luis Hernández-Sandoval<sup>2</sup>, Angelita López-Cruz<sup>1</sup>, Josefa Anahi Espinosa-Jiménez<sup>1</sup>, Sergio López<sup>1</sup>, Guadalupe Zenteno-Cruz<sup>1</sup>, Héctor Gómez-Domínguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Libramiento Norte Poniente s/n col. Lajas Maciel C. P. 29039. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Tel. 01(961)1934084. E-mail: perezfarreram@yahoo.com.mx | <sup>2</sup>Laboratorio de Botánica, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales Universidad Autónoma de Querétaro, Av. de las Ciencias s/n Juriquilla, C.P. 76230. Santiago de Querétaro, Querétaro, México. Tel 01 (442) 1921200. E-mail: beaucamax@gmail.com

## RESUMEN

Se determinó la estructura y densidad poblacional de *Beaucarnea goldmanii* y *B. sanctomariana* en tres sitios del estado de Chiapas y en una localidad de Santa María Chimalapa, Oaxaca. Asimismo, se analizaron algunas relaciones alométricas de estas dos especies. Se obtuvo la densidad poblacional de *Beaucarnea goldmanii* en Chiapas, dentro de dos zonas ubicadas en El Cañón del Sumidero (Tuxtla Gutiérrez) (sitios I y II) y uno en Uninajab (Tzimol) (sitio III); y de *B. sanctomariana*, en Santa María Chimalapa, Oaxaca (sitio IV). Los valores de densidad obtenidos fueron 580, 370, 430 y 287 individuos por hectárea (ind/ha), respectivamente. Las poblaciones de El Cañón del Sumidero y Chimalapa presentaron una estructura poblacional de tipo I, mientras que la de Uninajab, mostró el tipo II. Se encontraron relaciones estadísticamente significativas entre las variables,  $p < 0.01$  en las relaciones alométricas, para todas las poblaciones se analizaron las variables altura total (cm), número de eventos reproductivos, número de ramas y número de rosetas, en función del diámetro de base (cm). Los resultados obtenidos representan una iniciativa en el conocimiento de las poblaciones de *Beaucarnea goldmanii* y *B. sanctomariana*, que da a conocer tanto la estructura de éstas, como el grado de amenaza al que se enfrentan, así como su necesidad de conservación.

**Palabras clave:** Variables vegetativas, Conservación, Estructura poblacional, *Beaucarnea goldmanii* y *B. sanctomariana*, Chiapas, México.

## ABSTRACT

Population density and structure was determined in three sites from Chiapas and one locality from Oaxaca states of *Beaucarnea goldmanii* and *B. sanctomariana*. Also, allometric relationships were analyzed for both species. *Beaucarnea goldmanii* population density was obtained inside El Cañón del Sumidero (sites I and II, Tuxtla Gutiérrez) and Uninajab (site III, Tzilmol); and from *B. sanctomariana* on Santa María Chimalapa (site IV, Oaxaca). Population density values were 580, 370, 430 and 287 individual per hectare (ind/hec), respectively. Populations from El Cañón del Sumidero and Chimalapa presented type I structure, whereas Uninajab population showed type II. Statistical relationships were found between allometric variables for all populations. Total plant height (cm), reproductive events, branch and rosette numbers were related to stem base diameter (cm). Obtained results represent an initial step toward the understanding of *Beaucarnea goldmanii* y *B. sanctomariana* populations that let to know demographical structure, as endangered degree that faces them and conservation needs.

**Key words:** Vegetative variables, Conservation, Demographic structure, *Beaucarnea goldmanii* y *B. sanctomariana* Chiapas, México

## INTRODUCCIÓN

Los hábitats terrestres de México son de importancia biológica por contener una gran variedad de especies, o por estar habitados por grupos de especies raras o de distribución ya sea restringida o circunscrita al territorio mexicano (Toledo y Ordoñez, 1998). Es conocida también que la pérdida de especies y poblaciones es uno de

los problemas ambientales más severos que resulta de las actividades antropogénicas (Ceballos *et al.* 2009). Entre los hábitats que han sufrido fuertes transformaciones encontramos al Bosque Tropical Caducifolio (BTC) que ha sido modificado para uso agrícola (24 %), ganadero (20 %) y otros (9%), de modo que a principios del decenio

1980 solo subsistía 45 % de la cubierta vegetal (Toledo y Ordóñez, 1998). El BTC es un tipo de vegetación considerado como biodiverso y con un alto grado de endemismo (más de 40 %) (Arias *et al.* 2002); entre las especies endémicas del BTC se encuentran las del género *Beaucarnea*.

*Beaucarnea* pertenece a la familia Asparagaceae, representada por 55 especies, de las cuales 49 se encuentran en México. Esta familia consta únicamente de cuatro géneros, uno de los más importantes dentro del país, por su valor comercial, es *Beaucarnea*, que se caracteriza por su alto grado de endemismo (Golubov *et al.* 2007). Este género incluye 10 especies en América, ocho de ellas se hallan dentro de territorio mexicano y son endémicas. Este taxa al igual que otras plantas carismáticas como las cícadas, orquídeas, cactáceas y palmas están consideradas como grupos altamente amenazados debido principalmente a que están sujetas a la colecta y comercio ilegal de semillas e individuos juveniles y adultos. Aunado a esto, la transformación de uso de suelo, el deterioro del hábitat y el pastoreo están ocasionando daños en la estructura de sus poblaciones y una reducción en los procesos naturales de regeneración. Reyes (2009) señala que en los últimos años se han decomisado miles de ejemplares de los comúnmente llamados “patas de elefante”, “despeinadas” o “beucarneas”. Golubov *et al.* (2007), en su trabajo de inventario y conservación de Agavaceae y Nolinaceae, confirma esta problemática y comenta que es muy común observar especies de *Beaucarnea* en venta que son extraídas del campo, además menciona que en diversos sitios de Internet se ofrecen plantas y germoplasma de diversas especies mexicanas de Agavaceae y Nolinaceae. Es por esto que la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Norma Oficial Mexicana) contempla en su lista a ocho especies de *Beaucarnea* bajo la categoría de *Amenazada* y una en *Peligro de extinción* (SEMARNAT, 2010). Sin embargo, CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres), solamente incluye a una especie de la familia Nolinaceae, *Nolina interrata*, dentro del Apéndice II (CITES, 2011), y la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) no incluye dentro de la Lista Roja a ninguna de las especies de la familia (IUCN, 2011).

Wilson *et al.* (1992) mencionan que una de las estrategias para la conservación de la biodiversidad es el estudio de la composición, distribución, estructura y función de la misma, para entender el rol y función de genes, especies y ecosistemas; comprender la conexión que existe entre los sistemas naturales y modificados, y así contribuir al desarrollo sustentable. El presente trabajo estudia algunos parámetros poblacionales (densidad y estructura de clase)

de *Beaucarnea goldmanii* y *B. sanctomariana*, también se describen y analizan algunas relaciones alométricas. La información generada puede contribuir en el desarrollo de estas estrategias para la protección o restauración de poblaciones de *Beaucarnea*, ya que aporta información acerca de atributos ecológicos que pueden determinar el estado de conservación de estas especies.

## ÁREA DE ESTUDIO

Se estudiaron tres poblaciones de *Beaucarnea goldmanii* (figura 1) en Chiapas, dentro de los municipios de Tuxtla Gutiérrez y Tzimol y una población de *Beaucarnea sanctomariana* (figura 2) en Santa María Chimalapa, Oaxaca. Población I. Parque Nacional Cañón del Sumidero: 18 km al N de Tuxtla Gutiérrez, pasando el mirador “La Coyota”, a 16° 49' 05" latitud norte y 93° 04' 05" longitud oeste, con una altitud de 1350 msnm. Población II. A 2 km del mirador “Atalaya” rumbo al ejido Tierra Colorada, a 16° 49' 09" latitud norte y 93° 06' 07" de longitud oeste, con una altitud de 1200 msnm, la población se encuentra dentro de un área de vegetación en recuperación, debido a un incendio en el 1998. Para ambos sitios, el clima es de



FIGURA 1

*Beaucarnea goldmanii*. Individuo adulto del Cañón del Sumidero, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; altura aprox. 4.5 m.



FIGURA 2

*Beaucarnea sanctomariana*. Ejemplar adulto de la población de Santa María Chimalapa, Oaxaca.



FIGURA 3

Ubicación de los sitios de muestreo. Poblaciones: I y II. Cañón del Sumidero; III. Tzimol, Uninajab; IV. Santa María Chimalapa.

tipo Aw, cálidos húmedos con lluvias en verano, con una temperatura anual de 20.2 °C y una precipitación de 2229 mm (González-Espinosa *et al.* 2005). Están constituidos por rocas mesozoicas, principalmente areniscas y calizas de los periodos jurásico y cretácico (INEGI, 1981). Los suelos se clasifican como litosol, luvisol crómico y rendzina de textura fina (INEGI, 1985). Población III. Uninajab, Tzimol cerro ubicado al SO de la comunidad, acceso a 3 km sobre camino de terracería, entrada por el entronque ubicado al SO a 1 km sobre la carretera San Francisco Uninajab, a 16° 04' 44.1" latitud norte y 92° 08' 09.5" longitud oeste, a 1049 msnm. El clima es Aw, cálido-húmedo, con larga temporada seca, con una temperatura media anual de 17.9 °C y una precipitación anual de 1746 mm (González-Espinosa *et al.* 2005). El sitio está constituido geológicamente por terrenos del cretácico inferior, con roca sedimentaria caliza (INEGI, 1981). Los suelos son litosoles y rendzinas de textura media (INEGI, 1985). Población IV. Santa María Chimalapa, Oaxaca. Afloramiento de roca ubicado a lado E de la vereda paso la cueva, 4 km al N de Santa María Chimalapa, a 16° 55' 57.9" latitud norte y 94° 39' 38.4" longitud oeste a de altitud 268. El clima es cálido subhúmedo, con una temperatura media anual de 22 a 26 °C y 1500 a 2000 mm de precipitación anual (Trejo, 2004). El sitio se encuentra constituido por rocas sedimentarias del cretácico y cuaternario formadas por calizas y lutitas marinas (Centeno-García, 2004). Los suelos se clasifican como acrisol, regosol y cambisol (Alfaro, 2004) (figura 3). A lo largo del presente estudio se referirán como sitio I, II, III y IV de acuerdo al orden con el cual fueron descritos en este apartado y como Cañón del Sumidero a los sitios I y II, al sitio III como Uninajab y Chimalapas al sitio IV.

## MÉTODO

Se determinaron cuatro sitios de estudio con tipo de vegetación Bosque Tropical Caducifolio de acuerdo con la clasificación de Rzedowski (1983) en donde se registraron poblaciones de *Beaucarnea*, por Hernández (1993). A través de un muestreo dirigido se seleccionaron los sitios en donde se encuentran las poblaciones más grandes de *Beaucarnea*. Tres de éstos se encuentran dentro de la Depresión Central de Chiapas, y el cuarto dentro de la Sierra Madre del Sur en la región de Chimalapas, Oaxaca.

El muestreo se llevó a cabo durante los meses de junio a octubre de 2011. Se establecieron cuadrantes de 100 x 10 m dentro de los sitios de Chiapas, colocando señalamientos con flagging a cada 20 m sobre la línea de 100 para facilitar el mapeo, el cual se realizó tomando las lecturas de X y Y para cada ejemplar, usando un flexómetro Truper TP-50ME. Dentro de la población de Santa María Chimalapa, el relieve abrupto formado por la erosión hídrica de la roca caliza, impidió establecer cuadrantes. En este caso, se utilizó un GPS Garmin *Etrex* Vista HCx para mapear a cada individuo dentro de una hectárea, aproximadamente. Tanto en Chiapas como en Oaxaca se levantaron los siguientes datos para cada individuo para obtener densidad, estructura poblacional, y las relaciones alométricas entre variables: estado de vida, altura total (cm), diámetro de la base (cm), número de eventos reproductivos, número de ramas y número de rosetas. Todos los individuos fueron marcados con números consecutivos escritos sobre etiquetas de aluminio amarradas con alambre al tronco o rama del árbol. Tzimol, Uninajab, fue el único sitio en donde se registró

germinación de semillas, observadas como plántulas menores a 6 cm. Para contabilizarlas se establecieron tres cuadrantes de 1 x 1 m, uno a cada 30 m a la mitad del cuadrante de 100 x 10.

Se utilizó Microsoft Excel 2003 para construir las bases de datos, para obtener la densidad poblacional y para generar los gráficos de estructura poblacional con base en las clases diamétricas. Los gráficos de las relaciones alométricas se realizaron con el programa Statgraphics

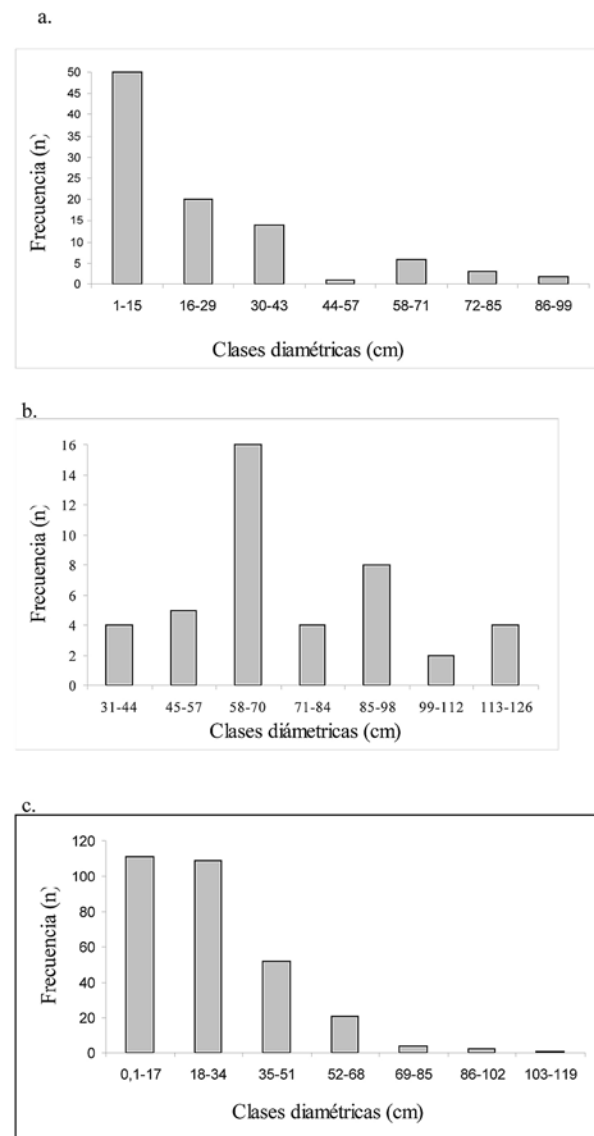


FIGURA 4

Estructura poblacional de *B. goldmanii* (a. y b.) y *B. sanctomariana* (c.).

plus 5.1, relacionando las variables altura total, número de eventos reproductivos, número de ramas y número de rosetas con el diámetro de la base.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Densidad

Se realizó un cálculo de 580, 370, 430 y 287 individuos por hectárea (ind/ha) para los sitios I, II, III, IV, respectivamente. El Cañón del Sumidero, como área natural protegida, ha contribuido en la protección y mantenimiento de las poblaciones naturales, permitiendo el desarrollo natural de procesos de restauración. Debido a que las plantas responden a los factores y presiones ambientales y de perturbación (Colinvaux, 2001), la disminución en las actividades antropogénicas dentro del Parque Nacional podría explicar la mayor densidad dentro del sitio I. El sitio II, también comparte esta ventaja; sin embargo, corresponde a un área dañada en los incendios de 1998, es probable que este evento haya provocado la mortalidad de individuos, y como consecuencia, la disminución en la densidad poblacional; de acuerdo a Pianka (2011), este tipo de perturbaciones reducen drásticamente el número de individuos. Por otro lado el sitio III, a pesar de no estar dentro de un área natural protegida, mantiene una densidad poblacional alta, y es el único sitio en donde se observó la germinación y crecimiento de plántulas, contabilizando un número promedio de 70,5 ind/m<sup>2</sup> bajo un árbol madre. El sitio IV es el de menor densidad, probablemente por la naturaleza de *B. sanctomariana*, la cual es descrita por Hernández-Sandoval (2001) como una especie restringida a afloramientos de roca cársica y como una planta rara y endémica del Istmo de Tehuantepec. En el cuadro 1 se compara las densidades poblacionales encontradas con otros estudios en México, en donde las poblaciones de *B. goldmanii* son las que contienen el mayor número de individuos. El valor de densidad más bajo está dado por *B. gracilis*, la cual, de acuerdo con Cardel *et al.* (1997), comparte la misma problemática de *B. goldmanii*. Con base en esto, una alta densidad en las poblaciones de *B. goldmanii* podría traducirse como un alto grado de tolerancia a ambientes perturbados, sin embargo, se desconoce la dinámica poblacional y el comportamiento de la especie ante las presiones generadas por actividades antropogénicas.

### Estructura de clase o tamaños

La figura 4 muestra las clases diamétricas de las poblaciones del Cañón del Sumidero en donde se observa una disminución de la frecuencia con el aumento de tamaño,

Localidad	Especie	ind/ha	Referencia
Chiapas	<i>B. goldmanii</i>	460*	Este estudio
Chimalapas, Oaxaca	<i>B. sanctomariana</i>	301	Este estudio
El Puebla	<i>B. gracilis</i>	16.7	Cardel et al., 1997
Tamaulipas y San Luis Potosí	<i>B. inermis</i>	258	Castillo-Gómez, 2011

\*Indica un valor promedio de los tres sitios muestreados dentro del estado.

#### CUADRO 1

Densidad poblacional de *Beaucarnea* en diferentes localidades de México.

modelo que se ajusta a la curva de J invertida, asociada a poblaciones ecológicamente estables (Daniel *et al.* 1982). Por otra parte, la población de Uninajab presenta “altos y bajos” en la distribución de clases (4b). El gráfico muestra la ausencia de individuos menores a 30 cm de diámetro, es decir, se trata de una población compuesta exclusivamente por individuos adultos. Cardel *et al.* (1997) reporta que una de las problemáticas que enfrentan las poblaciones de *Beaucarnea gracilis* es el pastoreo por cabras de las plántulas e individuos juveniles. Es probable que también en el sitio de Uninajab el ganado contribuyera en el cambio de la estructura de la población a través del ramoneo y pisoteo, evitando el establecimiento de plántulas y el desarrollo y crecimiento de juveniles.

Los ecólogos definen como una población en equilibrio o estable a aquella que mantiene una tasa de reproducción *per capita* fluctuante, en donde existe un balance entre fecundidad y sobrevivencia (Soberón, 2002; Pianka, 2011; Colinvaux, 2001). Lo anterior indica que, al no haber plantas juveniles o en crecimiento que permitan el recambio de especies ante una explotación intensiva de recursos, la población de Uninajab, en el futuro, podría decrecer de forma drástica, si el tamaño poblacional se reduce, ésta se encontraría en peligro de extinción, debido a la pérdida de variabilidad genética y a la vulnerabilidad ante eventos de perturbación ambiental (Primack y Ros, 2002; Nason, 2002).

La población de *B. sanctomariana*, muestra una reducción constante de una clase a otra (figura 4c), por ello se considera como la población más saludable y estable (Peters, 1996). La estructura de clases del sitio puede explicarse de diferentes formas: la estrecha relación positiva que existe entre el tamaño y la edad. Una tasa de mortalidad que disminuye con la edad o que es constante a través de su ciclo de vida, produciría la disminución de individuos de edades avanzadas. Si la relación tamaño edad no existe y los individuos entonces crecerían a rit-

mos distintos dependiendo de la situación ambiental a la que cada uno se encuentra sometido (Martínez-Ramos y Álvarez-Buylla, 1995).

#### Relaciones alométricas

En el cuadro 2 se presentan los resultados de los modelos alométricos de las relaciones entre variables de las poblaciones de *B. goldmanii* y *B. sanctomariana*. Dado que el valor de *p* en todos los análisis fue inferior a 0.01, existe relación estadísticamente significativa entre las variables, es decir, la altura total, el número de eventos reproductivos, el número de ramas y número de rosetas tiende a aumentar conforme lo hace el diámetro de la base.

#### *Beaucarnea goldmanii*

En el Cañón del Sumidero la dependencia entre altura total y diámetro de base fue calculada en un 71.33%, en Uninajab, el modelo explica el 23.28% de la relación para las mismas variables, esta diferencia marcada entre poblaciones también se aprecia entre número de eventos reproductivos y diámetro de base, 52.33 y 36.64 %, respectivamente, para la misma población. Estos valores podrían estar en función de las condiciones ambientales de los sitios, aunque éstas son similares en cuanto a tipo y origen del sustrato, altitud y tipo de vegetación, o quizá se deba a las presiones a las que las plantas se encuentran sometidas. El grado de perturbación en El Cañón del Sumidero es menor gracias a su decreto como Parque Nacional, y se considera como un área de protección para las especies. Aunque se registran actividades de desmonte, los individuos de *B. goldmanii*, perciben un grado de amenaza menor que en la población de Uninajab, la cual se encuentra en un sitio que, en años recientes, era utilizado para pastoreo de ganado vacuno, sin mencionar, la extracción de semillas, que aún se lleva a cabo dentro de la zona de manera ilegal y bajo un manejo no sustentable. El gráfico que relaciona número de ramas–diámetro

de base (figura 6) se ajusta al modelo Curva-S (cuadro 2), si se compara con el del Cañón Sumidero (figura 5), observamos que la tendencia es distinta. La distribución de los datos muestra la alteración en la estructura arbórea de los individuos como resultado del corte de ramas para la extracción de semillas. Este tipo de cosecha, parecido a la poda, promueve, en caso de que el árbol

se regenere, el aumento en la producción de ramas, y en condiciones desfavorables, la muerte de algunas ramas o del individuo. Contreras *et al.* (2008), en su trabajo con *Beaucarnea recurvata*, especie endémica de Oaxaca y Veracruz, mencionan que la extracción de semillas, plántulas e individuos juveniles y adultos, afectan no sólo el tamaño de la población sino también la proporción de

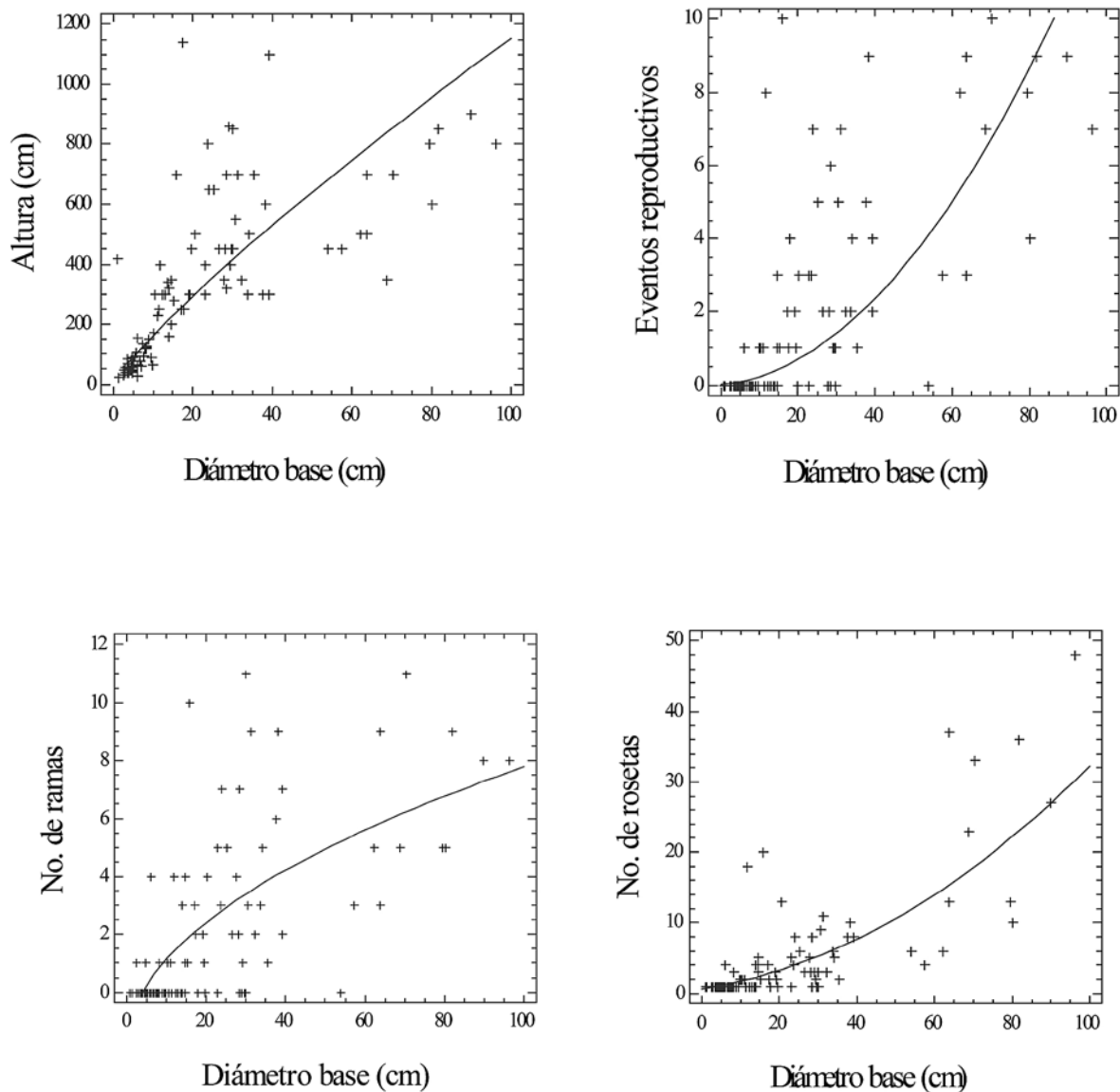


FIGURA 5

Relación entre la altura total, número de eventos reproductivos, número de ramas y número de rosetas con el diámetro de la base de individuos de *B. goldmanii* en el Cañón del Sumidero.

Localidades	Variables	Modelo	Modelo Ajustado	F	gl	p	R <sup>2</sup> (%)
Cañón del Sumidero ( <i>B. goldmanii</i> )	At-Db	Mult	$Y=23.1886 \cdot X^{0.848459} \circ \ln(Y)=3.14366 + 0.848459 \cdot \ln(X)$	233.90	95	<0.01	71.33
	Ner-Db	Rc-Y	$Y=(0.127336 + 0.0352021 \cdot X)^2$	103.19	95	<0.01	52.33
	Nra-Db	Rc-X	$Y=-1.94785 + 0.974397 \cdot \sqrt{X}$	81.58	95	<0.01	46.46
	Nrs-Db	Rc-Y	$Y=(0.824331 + 0.0485324 \cdot X)^2$	180.99	95	<0.01	65.81
Uninajab ( <i>B. goldmanii</i> )	At-Db	Rc-X	$Y=456.881 + 43.792 \cdot \sqrt{X}$	12.44	42	<0.01	23.28
	Ner-Db	Dbin	$Y=1/(0.0581271 + 5.15541/X)$	26.93	42	<0.01	36.64
	Nra-Db	Curva-S	$Y= \exp(3.79527 - 96.1049/X)$	56.46	42	<0.01	57.93
	Nrs-Db	Mult	$Y=0.0506693 \cdot X^{1.57463} \circ \ln(Y)=-2.98244 + 1.57463 \cdot \ln(X)$	65.26	42	<0.01	61.41
Chimalapas ( <i>B. sanctomariana</i> )	At-Db	Mult	$Y = a \cdot X^b \circ \ln(Y)=12.055 \cdot X^{0.793461} \circ \ln(Y)=2.48948 + 0.793461 \cdot \ln(X)$	634.04	299	<0.01	68.02
	Ner-Db	Lineal	$Y=-0.516744 + 0.0512197 \cdot X$	152.56	298	<0.01	33.93
	Nra-Db	Lineal	$Y=-1.70703 + 0.128365 \cdot X$	348.09	298	<0.01	53.96
	Nrs-Db	Rc-Y	$Y=(0.395253 + 0.0513598 \cdot X)^2$	440.84	299	<0.01	59.66

CUADRO 2

Modelos alométricos para variables vegetativas de *Beaucarnea goldmanii* y *B. sanctomariana*. At. Altura total; Db. Diámetro de base; Ner. Número de eventos reproductivos; Nra. Número de ramas; Nrs. Número de rosetas. Mult. Multiplicativo; Rc-X. Raíz cuadrada-X; Rc-Y. Raíz cuadrada-Y; Dbin. Doble inverso.

sexos, reduciendo las posibilidades de fertilización y la producción de semillas.

***Beaucarnea sanctomariana***

Aunque la población de *B. sanctomariana* no es tan grande como la de *B. goldmanii*, ésta conserva atributos ecológicos que la definen como una población ecológicamente estable (Pianka, 2011). La figura 7 muestra las relaciones positivas entre variables, que se ajustaron a modelos similares a las poblaciones del Cañón del Sumidero (cuadro 2). Se considera que la estabilidad de la población se debe al tipo de hábitat, pues a pesar de que en el área existe pastoreo de ganado, el crecimiento de los individuos sobre rocas escarpadas, impide que las plantas reciban daños por ramoneo o pisoteo de animales, desafortunadamente esta misma característica hace que el acceso sea difícil y complique el estudio poblacional de la especie. Es importante recalcar que solamente existe una sola población en una superficie no mayor a 4 km<sup>2</sup> en un área microendémica y rodeada de bosque de encino y bosque tropical perennifolio en una reserva ejidal de Los Chimalapas. Debido a que los datos pertenecen

a una sola población, es evidente que no cabe realizar comparaciones, se espera que en futuras exploraciones botánicas otras poblaciones sean detectadas.

**CONCLUSIONES**

Ante los fuertes problemas de extracción ilegal de semillas e individuos de *Beaucarnea*, el Cañón del Sumidero, como ANP, se ha encargado de reducir el impacto de actividades de extracción, y mantiene poblaciones estables, incluso después de que algunas de éstas sufrieron alteraciones por los incendios de 1998. El escenario de la población de Uninajab, es diferente, pues enfrenta serios problemas futuros para su mantenimiento. Sin embargo, la cantidad alta de plántulas (70,5 ind/m<sup>2</sup>) puede ser un buen indicador que asegure devolver, bajo programas de manejo y restauración, la estabilidad ecológica a la población. Si tomamos la hipótesis de que el equilibrio en las poblaciones se da a través del resultado de fecundidad x supervivencia, dada una alta cantidad en la producción de plántulas se espera una baja supervivencia de éstas, por tanto una buena estrategia sería proponer áreas de

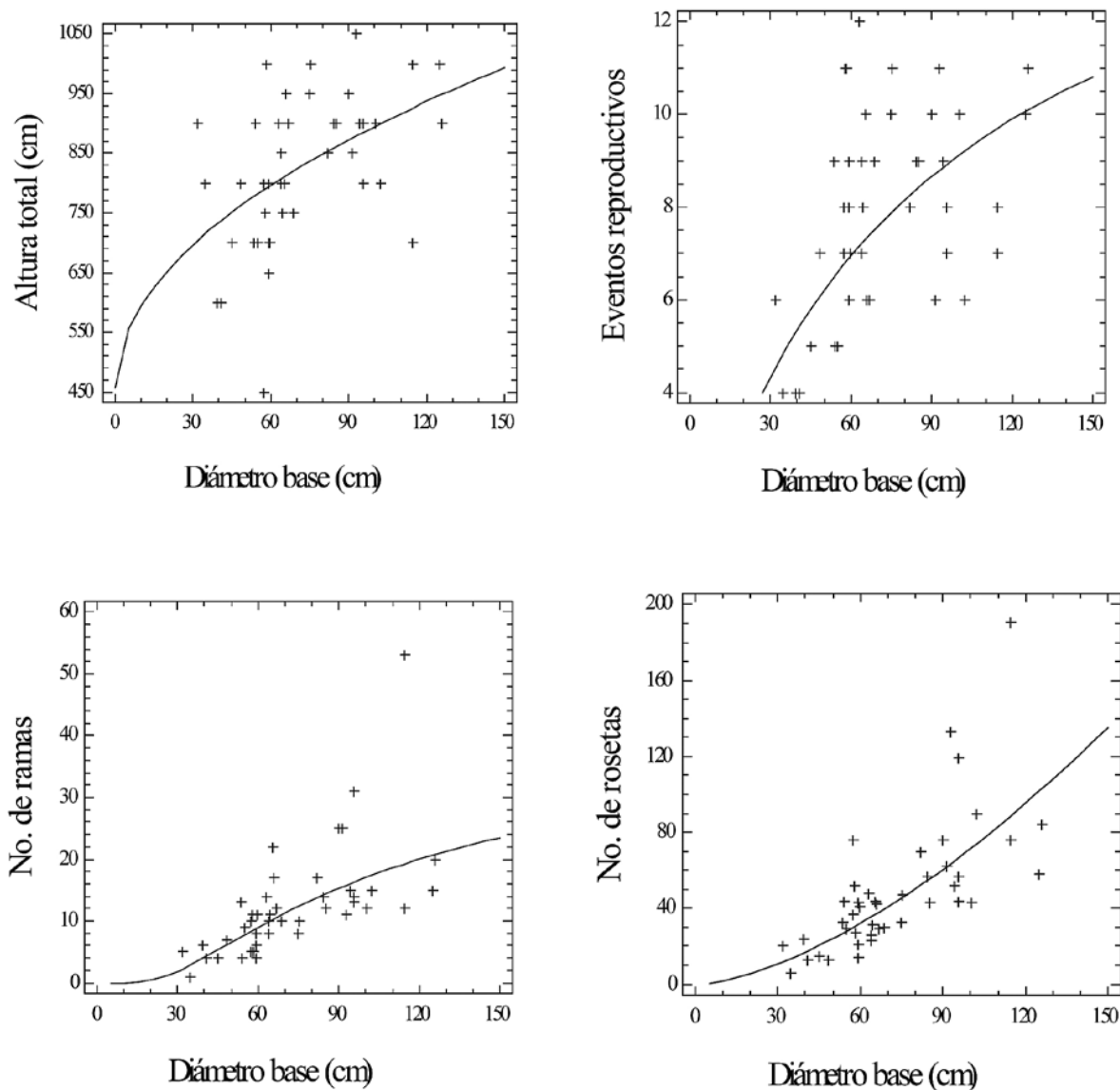


FIGURA 6

Relación entre la altura total, número de eventos reproductivos, número de ramas y número de rosetas con el diámetro de la base de individuos de *B. goldmanii* en Uninajab, Tzimol.

conservación para la protección de la especie a través del establecimiento de una UMA *in situ*. Aunque *B. sanctomariana*, al parecer, no presenta graves alteraciones en su estructura, es recomendable incentivar estrategias para su protección, dada su rareza, endemismo y el hecho de tener requerimientos micro-ambientales. El presente estudio es una primera pauta en el conocimiento de la ecología poblacional de *Beaucarnea goldmanii* y *B. sanc-*

*tomariana*, es importante señalar que para el diseño de programas de manejo, es necesario comenzar estudios de dinámica poblacional dentro de las poblaciones y ante diferentes eventos de extracción, tanto de plantas como de semillas.



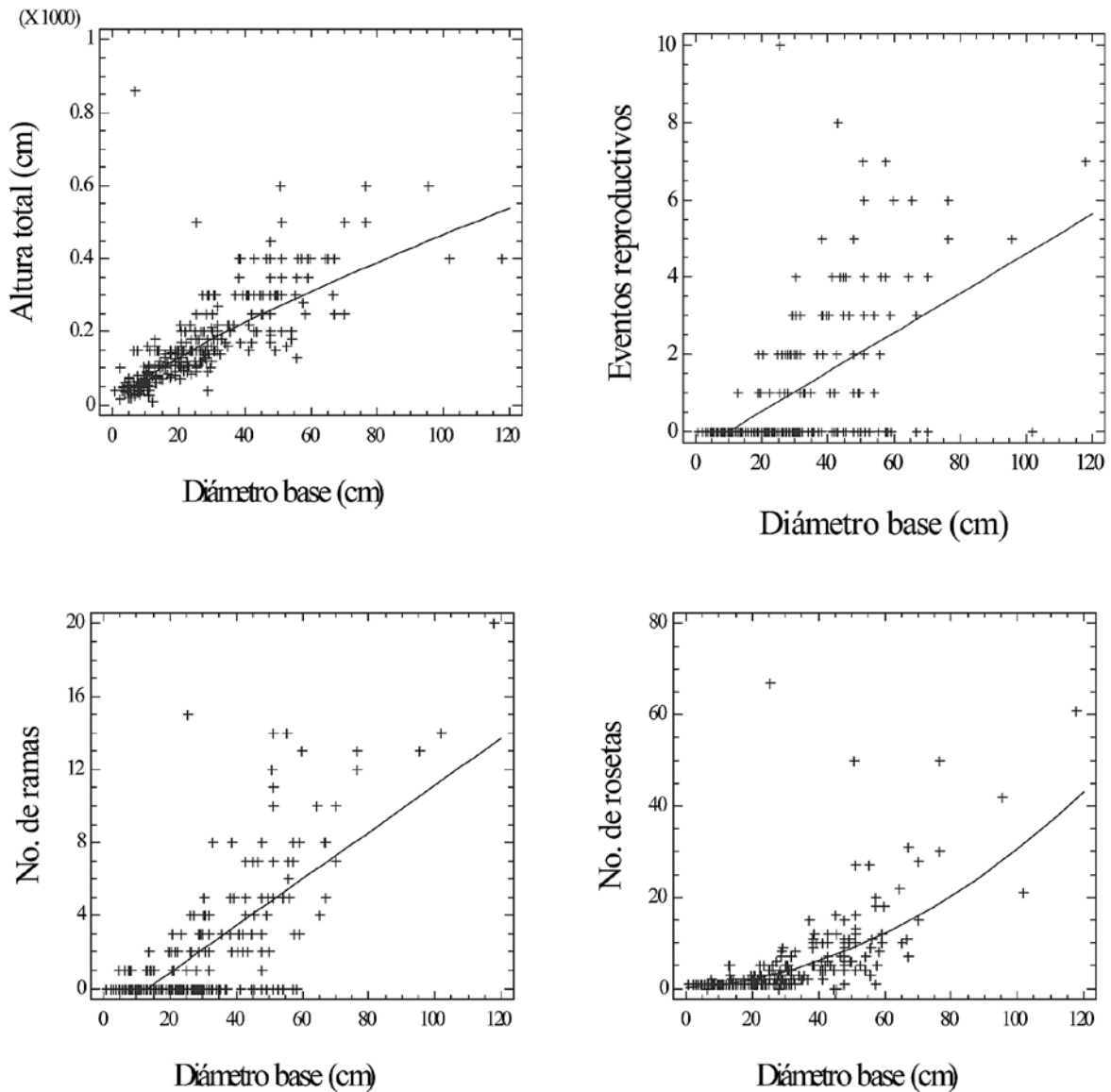


FIGURA 7

Relación entre la altura total, número de eventos reproductivos, número de ramas y número de rosetas con el diámetro de la base de individuos de *B. sanctomariana* en la población de Chimalapas, Oaxaca.

## AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a SINAREFI (Sistema Nacional de Recursos Filogenéticos para la Alimentación y la Agricultura) quien financió este proyecto a través de la Red Pata de Elefante, clave ORN-PAT-10-2.

## LITERATURA CITADA

- ALFARO S.G., 2004.** Suelos. En A. J. García Mendoza, Ordóñez M. J. y Briones-Salas M. (eds.). *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología UNAM, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza, World Wildlife Fund, México 29-42 p.
- ARIAS D., O. DORADO y B. MALDONADO. 2002.** Biodiversidad e importancia de la Selva Baja Caducifolia: la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla. CONABIO. *Biodiversitas* 45: 7-12.
- CARDEL Y., V. RICO-GRAY, J. G. GARCÍA-FRANCO y L. B. THIEN, 1997.** Ecological status of *Beaucarnea gracilis*, an endemic species of the semiarid Tehuacan Valley, Mexico. *Conservation Biology* 11 (2):367-374.
- CEBALLOS G., P.E. DÍAZ, H. ESPINOSA, V.O. FLORES, A. GARCÍA, L. MARTÍNEZ, M.E. MARTÍNEZ, A. NAVARRO, L. OCHOA, I. SALAZAR y B.G. SANTOS, 2009.** Zonas críticas y de alto riesgo para la conservación de la biodiversidad de México. En *Capital natural de México*, Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México. p.p. 575-600.
- CENTENO-GARCÍA E., 2004.** Configuración geológica del estado. En A. J. García Mendoza, Ordoñez M. J. y Briones-Salas M. (eds.). *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología UNAM, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza, World Wildlife Fund, México 29-42 p.
- CITES [CONVENCIÓN SOBRE EL COMERCIO INTERNACIONAL DE ESPECIES AMENAZADAS DE FAUNA Y FLORA SILVESTRES], 2011.** <<http://www.cites.org>> (Consultado en agosto de 2011).
- COLINVAUX P.A., 2001.** *Introducción a la Ecología*. Limusa. México. 679 p.
- CONTRERAS A., M.L. OSORIO, M. EQUIHUA y G. BENÍTEZ, 2008.** Conservación y aprovechamiento de *Beaucarnea recurvata*, especie forestal no maderable. *Cuadernos de Biodiversidad*. CIBIO. Universidad de Alicante. 28:3-9.
- DANIEL T. W., J.A. HELMES y F.S. BAKER, 1982.** *Principios de silvicultura*. Mc Graw Hill. México, D. F. 490 p.
- GOLUBOV J., M. C. MANDUJANO, S. ARRIAGA, A. MARTÍNEZ-PALACIOS y P. KOLEFF, 2007.** Inventarios y conservación de Agavaceae y Nolinaceae. En Colunga P. G. M., A. S. Larqué, L. Eguiarte, D. V. Zizumbo (eds.). *En lo ancestral hay futuro: del tequila, los mezcales y otros agaves*. CICY, CONACYT, CONABIO, SEMARNAT, INE. México. Pp. 133-152
- GONZÁLEZ-ESPINOSA, M., N. RAMÍREZ-MARCIAL, G. MÉNDEZ-DEWAR, L. GALINDO-JAIMES y D. GOLICHER, 2005.** Riqueza de especies de árboles en Chiapas: variación espacial y dimensiones ambientales asociadas al nivel regional. In *Diversidad biológica en Chiapas*. M. González-Espinosa, N. Ramírez-Marcial y L. Ruiz-Montoya (eds.). ECOSUR, COCyTECH, Plaza y Valdés editores, Chiapas, México. p. 81-125.
- HERNÁNDEZ S.L., 1993.** *Cladistic análisis of the American Genera of Asparagales and the systematic study of Beaucarnea (Nolinaceae) and Hemiphylacrus (Hyacinthaceae)*. Tesis de doctorado. Universidad de Texas, Austin. P. 201.
- HERNÁNDEZ-SANDOVAL L., 2001.** *Beaucarnea sanctomariana* (Nolinaceae), a new micro-endemic species of ponytail palm from the Isthmus of Tehuantepec, Oaxaca, Mexico. *Novon* 11:50-53.
- INEGI [INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA], 1981.** *Carta edafológica y geológica*. Villahermosa, Tabasco. 1:1 000 000.

- INEGI [INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA], 1985.** *Carta Edafológica* 1:250 000 Tuxtla Gutiérrez E15-11, Proyección transversa de Mercator. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México, D.F.
- IUCN [INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE], 2011.** IUCN. *Red List of Threatened Species*. Version 2010.4. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)> (Consultado del 1-30 de agosto de 2011).
- MARTÍNEZ-RAMOS M. y E. ÁLVAREZ-BUYLLA, 1995.** Ecología de poblaciones de plantas en una selva húmeda de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 56:121-153.
- NASON J.D., 2002.** La estructura genética de las poblaciones de árboles. En Guariguata M. R. y G. H. Kattan (comp.). *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. LUR. Costa Rica. pp. 299-327.
- PETERS C. M. 1996.** *Aprovechamiento sostenible de recursos no maderables en bosque húmedo tropical: un manual ecológico*. Serie general del programa de apoyo a la biodiversidad. Instituto de botánica económica, Jardín Botánico de Nueva York. 2:5-16.
- PIANKA E.R., 2011.** *Evolutionary Ecology*. 7a ed.-eBook.
- PRIMACK R.B. y J. ROS, 2002.** *Introducción a la biología de la conservación*. Ariel Ciencia. España. 317 p.
- REYES S.J., 2009.** *Conservación y restauración de cactáceas y otras plantas suculentas mexicanas, manual práctico*. SEMARNAT, CONAFOR. México. 108 p.
- RZEDOWSKI, J., 1983.** *Vegetación de México*. Edit. Limusa S.A. 2ª reimpresión. 179 pp.
- SEMARNAT [SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES], 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, exclusión o cambio – Lista de Especies en Riesgo. *Diario Oficial de la Federación* 2a Sección, 30 de diciembre del 2010. <http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/SEMARNAT%20DOF/Norma%20Oficial%20Mexicana%20NOM-059-SEMARNAT-2010.pdf>
- SOBERÓN M.J., 2002.** *Ecología de poblaciones*. 3ª ed. La ciencia para todos No. 82. Fondo de Cultura Económica. México. 149 p.
- TOLEDO V.M. y M.J. ORDÓÑEZ, 1998.** El panorama de la biodiversidad de México: una revisión de los hábitats terrestres. En *Diversidad biológica de México, orígenes y distribución*. Ramamoorthy T. P., Bye R, Lot A. y J. Fa. Instituto de biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Pp. 739-757.
- TREJO I., 2004.** Clima. En A. J. García Mendoza, Ordoñez M. J. y Briones-Salas M. (eds.). *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología UNAM, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza, World Wildlife Fundc, México 29-42 p.
- WILSON E.O., 1992.** The strategy for biodiversity conservation. En *Global biodiversity strategy: guidelines for action to save, study, and use earth's biotic wealth sustainably and equitably*. World Resources Institute (WRI), The World Conservation Union (IUCN) y United Nations Environment Programme (UNEP). p. 244.

