



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO
POSTGRADO FORESTAL

**ESTRUCTURA ESPACIAL Y DEMOGRAFÍA DE PLÁNTULAS
DE *Pachycereus weberi* (Coultr.) Backeb. EN LA CAÑADA DEL
ZOPILOTE, GUERRERO**

BLANCA ESTELA LINZAGA ROMÁN

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2010

La presente tesis titulada, “Estructura Espacial y Demografía de Plántulas de *Pachycereus weberi* (Coul.) Backeb. en la Cañada del Zopilote, Guerrero”, realizada por la alumna **BLANCA ESTELA LINZAGA ROMÁN**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

FORESTAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



Dr. Gregorio Angeles Pérez

ASESORA



Dra. Patricia Hernández de la Rosa

ASESOR



Dr. Cesario Catalán Heverástico

Montecillo, Texcoco Estado de México, Julio de 2010

DEDICATORIA

A Dios principalmente por permitirme seguir superándome en mi vida profesional.

A mis padres con mucho cariño por su apoyo y consejos brindados, que gracias a ellos he llegado a realizar una de mis más grandes metas.

A mis hermanas Rocío, Arely y Tania con mucho cariño por su ayuda brindada durante mis estudios.

A mi hermano Estebán con cariño por su apoyo y comprensión para finalizar este trabajo.

A mí cuñada Nancy con cariño por los momentos agradables.

Muy especialmente con mucho cariño y amor a mis sobrinos Itzel Guadalupe, Estebán, Ángel Gabriel y Ximena, como un ejemplo a seguir para su vida futura y lleguen a superarse y triunfar en todas sus metas trazadas.

AGRADECIMIENTOS

Es un honor expresar aquí mi agradecimiento a todas aquellas personas que de alguna manera hicieron posible el presente trabajo.

Al consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (**CONACyT**), por el apoyo brindado para lograr este grado académico.

Deseo hacer patente mi agradecimiento al Colegio de Postgraduados (**CP**), Campus Montecillo, por ser una Institución de Enseñanza e Investigación de excelencia en México y en especial al Postgrado Forestal.

Al **Dr. Gregorio Ángeles Pérez**, por aceptar ser mi consejero y maestro de este trabajo y por brindarme siempre el apoyo durante todas las fases de la investigación. Gracias doctor.

A la **Dra. Patricia Hernández de la Rosa**, por ser mi asesora y maestra por todas sus enseñanzas y atención brindada, con respeto.

Al **Dr. Cesario Catalán Heverástico**, le estoy muy agradecida por todos los conocimientos y por todo el apoyo brindado durante el trabajo de campo.

Al **M. C. Pedro Ávila Sánchez** agradezco por haberme ayudado en el trabajo de campo, por las buenas fotografías tomadas y por sus valiosos comentarios en la realización de ésta.

A los **profesores del Postgrado Forestal**, por los conocimientos transmitidos contribuyendo en mi formación profesional.

A mi **amiga Ely** por ayudarme en todo momento en la realización de este trabajo y acompañarme en las salidas de campo.

ESTRUCTURA ESPACIAL Y DEMOGRAFÍA DE PLÁNTULAS DE *Pachycereus
Weberi* (COULT.) BACKEB. EN LA CAÑADA DEL ZOPILOTE, GUERRERO

Blanca Estela Linzaga Román, MC.

Colegio de Postgraduados, 2010

El propósito de este trabajo fue evaluar la estructura espacial y demografía de plántulas de *Pachycereus weberi* en la Cañada del Zopilote, Guerrero. Se establecieron cuatro parcelas de observación de 50 x 50 m (2500 m²). Todos los individuos de *P. weberi* con altura ≥ 0.10 m se etiquetaron, se les registró la altura y diámetro, y se ubicaron por sus coordenadas x, y. Se determinó la distribución espacial y correlación espacial de la población de juveniles ($0.1 \leq \text{altura} < 2.0$ m) y adultos (altura ≥ 2.0 m) a través del índice de Ripley. Se registraron un total de 18 especies asociada a *P. weberi*. El mayor del índice de Valor Importancia Relativo fue para *P. weberi* con 41.1%, seguida de *Acacia tenuifolia* con 22.6 %. Se registraron individuos de *P. weberi* con altura máxima de 10.5 m de altura, con diámetros desde 5 a 65.9 cm, y de 1 a 78 ramas. El patrón de distribución espacial para juveniles y adultos fue de forma agregada, y la correlación intraespecífica fue independiente. La demografía de plántulas se analizó en 12 parcelas de 0.5 x 0.5 m. Se registraron un total de 28 plántulas en el inicio del periodo de observación, de las cuales después de un año solo sobrevivió una. El proceso de mortalidad fue constante durante el periodo de observación. El tipo de curva de sobrevivencia para plántulas de *P. weberi* fue de tipo III, que se caracteriza por una disminución gradual de la sobrevivencia a través del tiempo. La esperanza de vida mayor de plántulas de más de un año fue de 5.1 meses. La especie presenta muy escaso reclutamiento de nuevos individuos y una alta mortalidad, lo que pone en peligro local su permanencia. Es urgente un programa de protección y vigilancia para disminuir la extracción ilegal de elementos adultos, y para regular el pastoreo del ganado y de esta forma promover mayor reclutamiento de individuos de la especie.

Palabras clave: Composición de especies, Demografía de plántulas, Índice de distribución espacial, Índice de correlación espacial, Índice de Valor de Importancia Relativo.

SPATIAL STRUCTURE AND SEEDLING DEMOGRAPHY OF *Pachycereus weberi*
(COULT.) BACKEB. AT CAÑADA DEL ZOPILOTE, GUERRERO

Blanca Estela Linzaga Román, MC.

Colegio de Postgraduados, 2010

The aim of this study was to evaluate the spatial structure and seedling demography of *Pachycereus weberi* at Cañada del Zopilote, Guerrero, Mexico. Four observational plots of 50 x 50 m (2500 m²) were established. All individuals of *P. weberi* with height ≥ 0.10 m were tagged, and its height and diameter were registered; they were also located by its coordinates X and Y within the plots. The spatial distribution and correlation patterns were determined for juveniles ($0.1 \leq \text{height} < 2.0$ m) and adults (height ≥ 2.0 m) with the Ripley's index. A total of 18 species were associated with *P. weberi*. The highest value of the Index of Relative Importance value was for *P. weberi* with 41.1 %, followed by *Acacia tenuifolia* with 22.6%. The tallest individuals of *P. weberi* were 10.5 m height, and the diameter varied from 5 to 65.9 cm, and the branch number per individual ranged from 1 to 78. The spatial distribution patterns for both juveniles and adults were clumped, and the intraspecific spatial correlation were independent. The seedling demography was followed in 12, 0.5 X 0.5 m plots. A total of 18 seedlings were registered at the starting observation period, from which after a year only one seedling survived. The mortality process was constant during all the analyzed period. *Pachycereus weberi* showed a Type III survival curve, characterized by a gradual mortality through time. The longest life expectancy of a seedling of more than one year of age was 5.1 months. This species showed a lower recruitment of new individuals into its population and a high mortality. This trait may result in a local endangered species. There is an urgent need for measures of protection to decrease the illegal extraction of adult elements, and to regulate over-grazing by cattle and goats. These measures may promote higher individual recruitment rates of the species.

Key words: Species composition, Seedling demography, Index of spatial distribution, Index of spatial correlation, Index of Relative Importance Value.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	v
SUMMARY.....	vi
Índice de Cuadros.....	x
Índice de Figuras.....	xi
CAPÍTULO I. Introducción general	1
CAPÍTULO II. Las cactáceas en México	4
2.1. Aspectos generales.....	7
2.2. Distribución de <i>Pachycereus weberi</i>	7
2.3. Características ecológicas.....	8
2.4. Descripción botánica de <i>Pachycereus weberi</i>	10
CAPÍTULO III. Análisis estructural de la población de <i>Pachycereus weberi</i> en la Cañada del Zopilote, Guerrero.....	12
3.1. Introducción.....	12
3.2. Objetivos.....	14
3.3. Materiales.....	15
3.4. Métodos.....	15
3.4.1. Trabajo de campo.....	16
3.4.2. Análisis de la información.....	17
3.4.3. Distribución espacial.....	18

3.4.4. Correlación espacial.....	19
3.5. Resultados y Discusión.....	20
3.5.1. Floración.....	20
3.5.2. Densidad.....	21
3.5.3. Histograma de frecuencias de altura, diámetro y número de ramas.....	24
3.5.4. Patrón de distribución espacial.....	32
3.5.5. Correlación espacial.....	42
3.6. Conclusiones.....	49
CAPÍTULO IV. Análisis demográfico de plántulas de <i>Pachycereus</i> <i>weberi</i>	50
4.1. Introducción.....	50
4.2. Objetivos.....	53
4.3. Materiales y Métodos.....	54
4.3.1. Trabajo de campo.....	54
4.4. Resultados.....	54
4.4.1. Tabla de vida y curva de supervivencia de plántulas de más de un año.....	54
4.4.2. Tabla de vida de plántulas de <i>Pachycereus weberi</i> de un año.....	59
4.5. Conclusiones.....	62

CAPÍTULO V. Conclusiones generales	63
CAPÍTULO VI. Literatura citada	65

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 3.1. Descripción de las parcelas de observación en la Cañada del Zopilote, Guerrero.....	16
Cuadro 3.2. Densidad de individuos de <i>Pachycereus weberi</i> por estadios de desarrollo y por parcela en La Cañada del Zopilote, Guerrero.....	20
Cuadro 3.3. Composición de especies e Índice de Valor de Importancia de la parcela 2 (La Cañada) en La Cañada del Zopilote, Guerrero.....	22
Cuadro 4.1. Tabla de esperanza de vida de plántulas de <i>Pachycereus weberi</i> de más de un año en Milpillas, Cañada del Zopilote, Guerrero.....	55
Cuadro 4.2. Tabla de esperanza de vida de plántulas de <i>Pachycereus weberi</i> de un año en Milpillas, Cañada del Zopilote, Guerrero.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1. Mapa de distribución de <i>Pachycereus weberi</i> en la República Mexicana.....	8
Figura 3.1. Distribución de alturas de <i>Pachycereus weberi</i> en las parcelas de observación a) parcela 1 (Xalitla) y b) parcela 2 (La Cañada) en La Cañada del Zopilote, Guerrero.....	24
Figura 3.2. Distribución de alturas de <i>Pachycereus weberi</i> en las parcelas de observación c) parcela 3 (El Platanal) y d) parcela 4 (Zumpango) en La Cañada del Zopilote, Guerrero.....	25
Figura 3.3. Distribución de diámetros de <i>Pachycereus weberi</i> en las parcelas de observación a) parcela 1 (Xalitla) y b) parcela 2 (La Cañada) en La Cañada del Zopilote, Guerrero.	27
Figura 3.4. Distribución de diámetros de <i>Pachycereus weberi</i> en las parcelas de observación c) parcela 3 (El Platanal) y d) parcela 4 (Zumpango) en La Cañada del Zopilote, Guerrero.....	28
Figura 3.5. Distribución de Número de ramas de <i>Pachycereus weberi</i> en las parcelas de observación a) parcela 1 (Xalitla) y b) parcela 2 (La Cañada) en La Cañada del	

	Zopilote, Guerrero.....	29
Figura 3.6.	Distribución de número de ramas de <i>Pachycereus weberi</i> en las parcelas de observación c) parcela 3 (El Platanal) y d) parcela 4 (Zumpango) en La Cañada del Zopilote, Guerrero.....	30
Figura 3.7.	Distribución espacial de <i>Pachycereus weberi</i> de la parcela 1(Xalitla) en plantas a) juveniles (H .10-4 m) y b) adultos (H 4-6m, 6-8m, >8) en La Cañada del Zopilote, Guerrero.....	32
Figura 3.8.	Distribución espacial de <i>Pachycereus weberi</i> de la parcela 2 (La Cañada) en plantas a) juveniles (H .10-4m) y b) adultos (H 4-6, 6-8, >8m) en La Cañada del Zopilote, Guerrero.....	33
Figura 3.9	Distribución espacial de <i>Pachycereus weberi</i> de la parcela 3 (El Platanal) en plantas a) juveniles (H .10-4m) y b) adultos (H 4-6, 6-8, >8m) en La Cañada del Zopilote, Guerrero.....	34
Figura 3.10.	Distribución espacial de <i>Pachycereus weberi</i> en la parcela 4 (Zumpango) de plantas juveniles (H .10-4m) y adultos (H 4-6, 6 -8) en La Cañada del Zopilote, Guerrero.....	35
Figura 3.11.	Distribución espacial $L(t)$ de a) juveniles y b) adultos de <i>Pachycereus weberi</i> en la parcela de observación 1	

	(Xalitla) en La Cañada del Zopilote, Guerrero.....	36
Figura 3.12.	Distribución espacial $L(t)$ de a) juveniles y b) adultos de <i>Pachycereus weberi</i> en la parcela de observación 2 (La Cañada) en La Cañada del Zopilote, Guerrero.....	37
Figura 3.13.	Distribución espacial $L(t)$ de a) juveniles y b) adultos de <i>Pachycereus weberi</i> en la parcela de observación 3 (El Platanal Guerrero) en La Cañada del Zopilote, Guerrero.....	38
Figura 3.14.	Distribución espacial $L(t)$ de individuos adultos de <i>Pachycereus weberi</i> en la parcela de observación 4 (Zumpango) en La Cañada del Zopilote, Guerrero.....	39
Figura 3.15.	Correlación espacial $L_{12}(t)$ de juveniles y adultos de <i>Pachycereus weberi</i> en las parcelas de observación, a) parcela 1 (Xalitla), b) parcela 2 (La Cañada), c) parcela 3 (El Platanal) en La Cañada del Zopilote, Guerrero.....	42
Figura 3.16.	Correlación espacial $L_{12}(t)$ de individuos de <i>Euphorbia schlechtendali</i> con individuos a) juveniles y b) adultos de <i>Pachycereus weberi</i> parcela 2 en La Cañada del Zopilote, Guerrero.....	44

Figura 3.17.	Correlación espacial $L_{12}(t)$ de <i>Zizyphus mexicana</i> Rose (corongoro) con individuos a) juveniles y b) adultos de <i>Pachycereus weberi</i> parcela 2 en La Cañada del Zopilote, Guerrero.....	45
Figura 3.18.	Correlación espacial $L_{12}(t)$ de <i>Acacia</i> sp. con individuos a) juveniles y b) adultos de <i>Pachycereus weberi</i> parcela 2 en La Cañada del Zopilote.....	46
Figura 3.19.	Correlación espacial $L_{12}(t)$ de <i>Acacia tenciifolia</i> con individuos a) juveniles y b) adultos de <i>Pachycereus weberi</i> parcela 2 en La Cañada del Zopilote, Guerrero.....	47
Figura 4.1.	Supervivencia de plántulas de <i>Pachycereus weberi</i> mayores de un año de edad en Milpillas, Cañada del Zopilote, Guerrero.....	56
Figura 4.2.	Supervivencia en (log) de plántulas de <i>Pachycereus weberi</i> mayores de un año de edad en Milpillas, Cañada del Zopilote, Guerrero.....	57
Figura 4.3.	Porcentaje de mortalidad de plántulas de <i>Pachycereus weberi</i> mayores de un año de edad en Milpillas, Cañada del Zopilote, Guerrero.....	58
Figura 4.4.	Supervivencia de plántulas de <i>Pachycereus weberi</i> de un año en Milpillas, Cañada del Zopilote, Guerrero.....	60

Figura 4.5.	Supervivencia (log) de plántulas de <i>Pachycereus weberi</i> de un año en Milpillas, Cañada del Zopilote, Guerrero.....	60
Figura 4.6.	Porcentaje de mortalidad de plántulas de <i>Pachycereus weberi</i> de un año de edad en Milpillas, Cañada del Zopilote, Guerrero.....	61

CAPÍTULO I

Introducción general

Las actividades humanas, como fuentes de perturbación de los bosques, afectan la composición florística y faunística, la estructura de las poblaciones mediante el abatimiento de su biomasa en pie, y en consecuencia los atributos demográficos de las especies. Por ejemplo la tasa de supervivencia, las tasas de crecimiento y de reproducción (Ayerde-Lozada y López-Mata, 2006).

Para poder entender la estructura de una especie es necesario realizar estudios sobre ésta para conocer la historia, función y futuro de los ecosistemas (Chhetri, 2004). La demografía estudia los aspectos cuantitativos de las tasas de nacimientos, mortalidad, crecimientos y reproducción de los individuos en las poblaciones. Estos estudios demográficos han proporcionado las bases de una gran parte del conocimiento actual sobre biología de poblaciones (Harper y White, 1974). Dichos estudios estructurales y demográficos muestran elementos importantes para establecer estrategias de protección y así ayudar a la conservación de las especies.

El presente estudio se realizó en El Cañón del Zopilote ubicado en la cuenca del Río Balsas. Este sitio es de gran interés ya que posee uno de los principales centros de endemismos del país (Gual, 1995). Las condiciones orográficas, geológicas, edáficas y climáticas, al conjuntarse favorecen el desarrollo de una peculiar composición, destacándose el género *Bursera* por el número de especies y diversas especies de cactáceas columnares como *Pachycereus weberi*.

Las cactáceas son las plantas más notables que caracterizan el paisaje de las zonas áridas de México, junto con los magueyes, los mezquites y las yucas. México

posiblemente alberga la mayor cantidad de especies de cactáceas por sus particulares condiciones climáticas, edáficas, topográficas y altitudinales y es el centro de concentración de cactáceas, con un total de 48 géneros y 563 especies reconocidas. El 72.9% de los géneros de cactáceas que se distribuyen en este país son esencialmente endémicos, esto es un reflejo del carácter autóctono y único de las cactáceas mexicanas.

Un grupo de cactáceas que destaca fisonómicamente por sus tamaños y formas son las columnares o candelabriformes. Las más comunes pertenecen a los géneros: *Lemaireocereus*, *Neobuxbaumia*, *Pachycereus* y *Cephalocereus*. El género *Pachycereus* es una de las cactáceas candelabriformes más grandes. La madera es muy resistente por lo que se utiliza para hacer artesanías como mesas de centro y otros artículos decorativos. También se utiliza como vigas para techar casas. Las flores y semillas son de importancia forrajera.

Pachycereus weberi es una de las plantas más representativas en los paisajes de nuestro país, se encuentra también en los paisajes de La Cañada del Zopilote, Guerrero. Es de gran importancia por sus diferentes usos; sirve como ornamental, protege al suelo impidiendo la erosión, y por la interacción que existe con ciertos tipos de insectos como las avispas, abejas, polillas y animales vertebrados como murciélagos, aves y algunas especies de plantas. En cuanto a su tallo es muy resistente y es una fuente de ingresos económicos para muchos de los habitantes de esas regiones.

Este estudio se realizó con el propósito de conocer el patrón de distribución espacial de *Pachycereus weberi*, el tipo de especies con las que puede desarrollarse e

interactuar, así como parte de su ciclo de vida a través la demografía de las plántulas y la curva de supervivencia y crecimiento.

Desde tiempos de la conquista, las cactáceas han sido codiciadas por su belleza extrayéndolas de sus hábitats. Otra causa de su extinción es la destrucción de sus hábitats y el comercio ilegal, la agricultura, la ganadería, los asentamientos humanos, y la extracción de algunas de ellas.

En México la extracción selectiva e intensiva de bosques, el apacentamiento de ganado bovino, han ocasionado diversos cambios en su estructura poblacional, supervivencia, crecimiento y reproducción. El poco conocimiento de los efectos de estas perturbaciones, es una limitante para el diseño y puesta en práctica de alternativas de aprovechamiento (Ayerde-Lozada y López-Mata, 2006).

Las cactáceas son un grupo vegetal amenazado y se requiere conocer su distribución ecológica para orientar actividades de conservación (Niering *et al.*, 1963; Turner *et al.*, 1966, 1969). Aun cuando se han establecido regulaciones para revertir los efectos del saqueo de que son objeto las cactáceas, es importante conocer cómo se van regenerando estas especies para poder ayudar a su conservación. Por lo anterior es necesario conocer la demografía y distribución especial de *Pachycereus weberi* para plantear estrategias de uso y conservación.

De esta forma se plantearon los siguientes objetivos: 1) Determinar la composición de especies, estructura de tamaños y el patrón de distribución espacial de *Pachycereus weberi* en la Cañada del Zopilote, Guerrero; y 2) Estudiar la demografía de plántulas de *Pachycereus weberi* y determinar sus posibles causas de mortalidad.

CAPÍTULO II

Las cactáceas en México

La familia Cactaceae es dominante de las zonas áridas y semiáridas del país. México posee cerca del 45% de las especies de la familia y un alto porcentaje es endémico. Las cactáceas ocupan el primer lugar en el listado de la Norma Oficial Mexicana de especies con alguna categoría de riesgo (Diario Oficial de la Federación, 1994); también ocupan el primer lugar en la lista de la CITES, (Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) y de la UICN, (Unión Mundial para la Naturaleza); es una de las familias que más se detecta en el comercio nacional e internacional como plantas silvestres. También se menciona que el crecimiento de la mayoría de los individuos es muy lento, ya que es una familia que posee ejemplares longevos que llegan a vivir más de 2000 años (Mandujano, 1995).

Desde el punto de vista de la riqueza de especies, existen en México dos grandes “*hot-spots*” o centros de diversidad de cactáceas columnares: que son el triángulo de Tehuacán-Depresión del Balsas- Tehuantepec, al sur del país, y la Sierra de Álamos junto con el valle del Río Mayo en el estado de Sonora. Se menciona que se deberían considerar estas dos áreas como prioritarias para el establecimiento de áreas protegidas (Ezcurra, 1997).

Para la familia de las cactáceas, la cuenca del Balsas constituye una zona que ha permitido la descripción de una gran cantidad de especies nuevas, y en sus regiones de aridez máxima, es frecuente la localización de endemismos. En el estudio de las cactáceas de la cuenca del Río Balsas de Castillo *et al.* (1983) se menciona que las

familias Pachycereae y Echinocactae se pueden ver en esta zona y que las cactáceas columnares están mucho mejor representadas que las cactáceas globosas. Tan solo el género *Pachycereus* comprende seis especies, lo que hace a la zona un área importante de concentración de especies de este taxón.

En el estudio sobre la vulnerabilidad de los sistemas de polinización de cactáceas columnares de México, se menciona que la distribución de *Pachycereus* muestra el mismo patrón de distribución que los murciélagos nectarívoros. (Valiente-Banuet *et al.* 1996). También, Kearns *et al.* (1998) resalta que la polinización de plantas con flores por animales, representa uno de los procesos más importantes de la biología reproductiva de cerca del 90% de especies de angiospermas. En ese mismo estudio se destaca que en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán las especies de *Neobuxbaumia tetetzo*, *N. mezcalaensis*, *N. macrocephala*, *Pachycereus weberi* y *Stenocereus stellatus* producen flores nocturnas quiropterófilas durante la primavera y parte del verano, las cuales son visitadas por tres especies de murciélagos nectarívoros *Leptonycteris curasoae*, *L. nivalis* y *Choeronycteris*, y que las flores permanecen abiertas por periodos de 14 h y son visitadas principalmente por aves e insectos (Valiente-Banuet *et al.* , 1996; 1997a; 1997b).

De acuerdo al análisis cladístico del género *Pachycereus* (Cactaceae) con caracteres morfológicos, en este se incluyen 13 especies de acuerdo con las clasificaciones más recientes y se distribuyen en Guatemala, México y SW de los Estados Unidos. *Pachycereus grandis*, *P. pecten-aboriginum*, *P. pringlei*, *P. tepamo* y *P. weberi* pertenecen a un grupo monofilético por presentar un surco angosto y una flor con constricción en la base del tubo (Arias y Terrazas, 2006).

Del estudio de la clasificación tradicional, aprovechamiento y distribución ecológica de la pitaya mixteca en México, se menciona que se ha aprovechado el fruto, semilla y el tallo de ocho especies de cactáceas columnares y que *Pachycereus weberi* en su denominación mixteca se le conoce como tnu, dichi, idi, tnu, dichi y chico. La semilla es utilizada para elaborar tortillas y mole; pulpa para fermentar, zacateras (almíbares); y de sombra, principalmente durante su época de fructificación que ocurre entre los meses de abril a julio (Luna y Aguirre, 2001).

Terrazas y Loza-Cornejo (2003) en su estudio de anatomía de la madera y alometría de veinte especies de *Stenocereus* (Cactaceae), concluye que parte de la variación de xilema secundario está asociada con el tamaño de los individuos. En especial para la longitud de elementos de vasos y fibras, diámetro de vaso y grosor de la pared de fibras. No se encontró un carácter cualitativo o cuantitativo que se distinga entre grupos de especies

Uno de los grandes obstáculos para evaluar la distribución geográfica de las cactáceas es la carencia de información inventarial en varios países, así como la gran inestabilidad taxonómica del grupo, especialmente en lo que se refiere a los límites de distribución genéricos y específicos (Hernández y Godínez, 1994).

Pardo (2002) en un estudio de Etnobotánica de algunas cactáceas y suculentas del Perú, menciona que las cactáceas se diferencian de otras suculentas especialmente por la presencia de areolas en sus ramas, estructuras en las que se sitúan las espinas, las flores y los frutos. Además, es una familia esencialmente americana y la mayor parte de las cactáceas estudiadas en este trabajo (15) tienen aplicaciones

medicinales entre éstas, 12 tienen usos como analgésicos, siendo el tallo la parte utilizada.

2.1. Aspectos generales

En el país, existen alrededor de 946 especies de cactáceas de las cuales cerca de (82.6%) son endémicas con 74 géneros y 239 variedades ó especies (Villaseñor, 2003).

Las cactáceas se dividen en tres subfamilias, la más numerosa es la subfamilia Cactoideae y en ella se clasifican las cactáceas columnares de Norteamérica en la tribu *Pachycereae* (Terrazas y Loza-Cornejo, 2002). Estas presentan diversas formas alargadas o redondas, de candelabro o cilíndrica, lo mismo sucede con las espinas que son diversas y llamativas y además, sus flores son muy atractivas, los frutos son globosos y carnosos con abundantes espinas.

2.2. Distribución de *Pachycereus weberi*

Pachycereus weberi se distribuye en México, en los estados de Guerrero, Michoacán, Morelos, Oaxaca y Puebla (Figura 2.1). Los cactus son originarios de América. México es el país que alberga la mayor variedad de géneros y especies. Dentro del estado de Oaxaca, se destacan los enormes ejemplares de *Pachycereus weberi*, con docenas de tallos perfectamente verticales que crecen a partir de unos 2 metros. La Cañada del Zopilote, en el estado de Guerrero, se encuentran entre otras especies, *Neobuxbaumia zopilotensis*, *Mammillaria guerreronis* y la rara *Neoevansia*

zopilotensis, de porte sarmentoso, así como también *Pachycereus weberi* (Guzmán y Dávila, 2003).



Figura 2.1. Estados donde se distribuye *Pachycereus weberi* en la República Mexicana.

2.3. Características ecológicas

En la Cañada del Zopilote se presentan los tipos de climas BS1 (h') W, semiárido, cálido, temperatura media anual mayor de 22° C, temperatura del mes más frío mayor de 18° C; las lluvias del verano representan del 5% al 10.2% anual. También se encuentra el clima Awo, que corresponde a un cálido subhúmedo con temperatura media anual mayor de 22° C y temperatura del mes más frío mayor de 18° C, precipitación media anual de 500 a 2,500 mm y precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias del verano del 5% al 10.2% anual.

Finalmente, el tipo climático C(w2)x' corresponde a un templado con temperatura media anual entre 12° C y 18° C, temperatura del mes más frío entre -3° C y 18° C y temperatura del mes más caliente bajo 22° C, subhúmedo, precipitación anual de 200 a 1,800 mm y precipitación en el mes más seco de 0 a 40 mm; luvias de verano mayores al 10.2% anual.

En cuanto a los aspectos fisiográficos, se presentan geoformas de Cañadas y sierras. Los tipos de suelos de acuerdo a la clasificación FAO-UNESCO de 1989, citado por Arriaga *et al.* (2000) son el Leptosol lítico LPq, que se caracteriza por ser un suelo somero, limitado en profundidad por una roca dura continua o por una capa continua cementada dentro de una profundidad de 10 cm a partir de la superficie. Cambisol crómico (CMx), suelo que tiene un horizonte A ócrico, muy claro, con muy poco carbono orgánico, muy delgado y duro y macizo cuando se seca.

En cuanto a la diversidad de ecosistemas en la Cañada del Zopilote se encuentran principalmente selva baja caducifolia, bosque de encino y palmar, el uso de suelo en la región se clasifica como agrícola, pecuario y forestal. La integridad ecológica de la zona únicamente se ve perturbada por la carretera federal México-Acapulco. Funciona como corredor biológico por la continuidad de selvas bajas caducifolias, tiene una alta presencia de endemismos sobre todo para varias especies del género *Bursera*. La problemática ambiental en la región radica en que está dividida por la carretera México-Acapulco y la porción sur está densamente poblada (alrededores de Zumpango del Río). Río abajo se presentan áreas de agricultura de temporal y pastizales inducidos que avanzan sobre las selvas caducifolias, debido a esto la región se encuentra fragmentada y existe una gran presión sobre algunas especies

clave por la extracción de leña. Esta región es una fuente de servicios ambientales principalmente por la recarga de acuíferos y es una región moderadamente bien colectada (Arriaga *et al.*, 2000).

2.4. Descripción botánica de *Pachycereus weberi*.

Son plantas arborescentes de entre 10 a 15 m de alto. Tallos con ramificación desde la parte media; tallo principal de 1.8 a 2.0 m alto, y ramas alrededor de 40 cm de ancho, numerosas, verticales, verde-glaucas. Las costillas de 9 a 11, con 3.5 a 4.5 cm de altura; espinas radiales en números máximos de 7 a 10, y de 0.5 a 2.5 cm o hasta 3.5 cm de largo, aplanadas. Ápice de las ramas con espinas, blanco-grisáceas. Flores de 7 a 11 (en ocasiones hasta de 14 cm de largo), tépalos externos de 1 a 2.5 cm y hasta 3.5 de largo), y de 1 a 2.5 cm hasta 3.0 de ancho. Los frutos de 3.5 a 7 cm de largo, pelos rojizo-amarillentos, cerdas de 0.5 a 2 cm hasta 2.5 cm de largo, pardo-amarillentas. Semillas de 2.5 a 3.5 mm de largo, testa con paredes celulares rectas. Número cromosómico $2n = 22$ (Arias *et al.*, 1997).

La especie *Pachycereus weberi* es de tronco bien definido leñoso muy grueso; ramas muy numerosas, largas, verticales y conos de 20 cm de diámetro; areolas distantes entre sí de 2 a 3 cm, grandes, espinas radicales de 6 a 12 y de 1 a 2 cm de largo, algo aplanadas gruesas, al principio color café rojizo casi negro después grisáceo, dirigidas un poco hacia abajo; flores diurnas, en areolas laterales de 8 a 10 cm de largo, axilas provistas de filtro amarillento y cerdas que después de la antesis aumentan y crecen formando un fruto muy espinoso. Estambres numerosos y con filamentos muy cortos pistilo incluido; fruto globoso de 6 a 7 cm de diámetro con

abundantes espinas amarillentas que ocultan el pericarpio, al madurar revienta generalmente en cuatro partes, exponiendo la pulpa color rojo púrpura y las semillas negras (Bravo, 1978).

CAPÍTULO III

Análisis estructural de la población de *Pachycereus weberi* en la Cañada del Zopilote, Guerrero

3.1. Introducción

La estructura de una población, es el resultado de la acción de fuerzas bióticas y abióticas a que los miembros de dicha población, y de sus ancestros, han estado sujetas en el pasado (Hutchings, 1997). Por consecuencia la estructura de los bosques, es producto de la dinámica de los ecosistemas y se ve afectada por una variedad de factores del sitio y de las especies que ahí coexisten (Chhetri, 2004).

Los bosques a simple vista parecen ser estáticos en el tiempo pero en realidad se encuentran en constantes cambios, ya sea por disturbios naturales o provocados por el hombre; todos estos cambios provocan una sucesión de los bosques. Estas condiciones ambientales también producen cambios en el sotobosque y por consecuencia, el establecimiento de nuevas plántulas y la sustitución de unas especies por otras.

Se han reconocido tres patrones generales de distribución de los individuos en el espacio, distribución aleatoria, distribución uniforme y distribución agregada. Una distribución aleatoria, indica que la probabilidad de encontrar a un individuo es la misma para todos los puntos del espacio, o que todos los individuos tienen la misma probabilidad de ser hallados en cada punto del espacio. Una distribución uniforme significa que las distancias entre individuos son aproximadamente las mismas dentro de la población. Una distribución agregada, implica que los individuos se agrupan en aglomerados o en parches, dejando porciones del espacio relativamente

desocupadas (Pielou, 1977). En la actualidad muchos investigadores piensan que eventualmente todos los ecosistemas serán manejados en mayor o menor grado y, particularmente, los bosques del mundo se perciben como ecosistemas dominados por el hombre (Noble y Dirzo, 1997). La presión del hombre sobre los bosques nativos para obtener productos tangibles o áreas para la ganadería, agricultura y urbanización promueve la simplificación, desaparición y degradación de estos ecosistemas naturales (Goudie, 1993; Morillo y Matteucci, 1999). El manejo de los bosques debe emplear un enfoque sustentable que permita una regeneración bajo los principios ecológicos que promuevan la conservación de los mismos.

En este contexto, la caracterización de la estructura de estos ecosistemas forestales constituye una condición importante para tomar decisiones sobre su manejo, tanto en localidades bajo aprovechamiento como en áreas naturales protegidas, de tal forma que pueden entenderse los procesos de disturbio y sucesión que permitan determinar las mejores acciones de manejo. El estudio de la estructura y desarrollo de diferentes ecosistemas, permite conocer la heterogeneidad espacial, temporal y complejidad, que son elementos críticos en el funcionamiento de los mismos, por lo que los procesos que mantienen esta heterogeneidad y diversidad de especies deben ser conservados (Aguirre, 2002).

Por ejemplo, Martínez-Ramos (1985) menciona que para que se pueda identificar la fase de madurez en una comunidad donde no se han presentado perturbaciones fuertes por un periodo considerablemente largo, al observar árboles que alcanzan diámetros y alturas grandes, la riqueza de especies es alta, predominan las especies tolerantes a la sombra y pudiéndose observar plántulas juveniles de estas mismas

especies en el sotobosque y, por lo general, la distribución de edades presenta una estructura de edades en forma de “J” invertida.

El análisis de la estructura de comunidades es relativamente común en bosques templados y tropicales. Sin embargo, son aun escasos los análisis estructurales de comunidades secas donde predominan las cactáceas. Este tipo de análisis representan la base para conocer el estado que guardan las poblaciones de especies dentro de comunidades y que puede revelar los mecanismos a que han estado expuestos sus componentes.

Por tanto, con el presente estudio sobre la estructura de *Pachycereus weberi* se pretende conocer la estructura, distribución espacial, y la composición de las especies de las comunidades donde se presenta. Asimismo, se determinarán los patrones de distribución y correlación, sea distribución aleatoria, distribución uniforme o distribución agregada. Este tipo de información es importante para conocer el estado actual de la población y permite inferir los mecanismos que le dieron origen. De esta forma, se pretende generar información que se útil para sugerir algunas alternativas de uso conservación de la especie, con el propósito de reducir el riesgo de sobre-explotación, ya que la madera de estos árboles es utilizada para elaborar artesanías y es una fuente de ingresos económicos para los habitantes de la región.

3.2. Objetivos

- Determinar el patrón de distribución y correlación espacial de los estadios de desarrollo de *Pachycereus weberi* en la Cañada del Zopilote. Guerrero.

- Analizar la estructura de tamaños de *Pachycereus weberi* en parcelas de observación a lo largo de su distribución natural en la Cañada del Zopilote, Guerrero.

3.3. Materiales

Para realizar este estudio se eligió el área de trabajo que se ubica en la Cañada del Zopilote, Guerrero. Esta se localiza en la carretera federal 95, México – Acapulco. Se ubica geográficamente en las coordenadas extremas de latitud N. 17° 39' 41" a 18° 03' 59" y de longitud W. 99° 31' 01" a 99° 46' 35", con una superficie de 738 km². El tipo de vegetación predominante en la región es selva baja caducifolia o bosque estacionalmente seco. Presenta una alta diversidad de especies del género *Bursera* y rica en endemismos (Arriaga *et al.*, 2000). En el área se observan diferentes grados de perturbación de la vegetación, principalmente por las actividades agrícolas y la ganadería.

3.4. Métodos

Específicamente el área de estudio, de acuerdo con la estación climatológica ubicada en Xochipala, Guerrero, presenta un clima cálido semihúmedo, con lluvias en verano (García, 1973). La temperatura media anual de la estación de San Juan Tetelcingo, Guerrero, entre los años de 1981-1985 fue de 29.7 °C (CFE, 1987).

El área de estudio se localiza dentro de la Cañada del Zopilote, sobre la carretera Iguala-Chilpancingo en laderas con pendientes ligeras, debido a los cerros localizados al Este, con áreas regularmente planas que han sido utilizadas para la

agricultura (INEGI, 1984). En la parte oeste se encuentra el Río Zopilote, el cuál recibe las corrientes de los ríos Coloapan y Huacapan, que descienden de la región Sur oriental y fluyen sólo en la época de lluvias (INEGI, 1984).

En cuanto a la geología de la zona, se presenta la formación Mezcala, que pertenece al cretácico inferior (INEGI, 1991). El suelo está clasificado en el grupo de los litosoles, derivado de calizas y lutitas calcáreas (INEGI, 1991).

3.4.1. Trabajo de campo

Para determinar las áreas de establecimiento de las parcelas de observación, se realizó un recorrido de campo a lo largo de la Cañada para poder identificar en qué áreas se encuentra la especie de *Pachycereus weberi*. Con base en la presencia y abundancia de la especie se establecieron cuatro parcelas de observación.

Se ubicaron cuatro sitios en la Cañada del Zopilote, en las áreas de Xalitla, Cañada, Platanal y Zumpango del Río. Las parcelas de observación tuvieron una dimensión de 50 x 50 m (2500 m²), divididas en cuadrantes de 10 x 10 m. En la delimitación de las parcelas se consideró la inclinación del terreno dentro de cada parcela para determinar la distancia horizontal.

Todos los individuos de *Pachycereus weberi* dentro de estas se marcaron y se ubicaron en dos estadios de desarrollo: juveniles (individuos con $0.1 \leq 4$ m de altura) y adultos (individuos ≥ 4 m de altura). Se registraron los datos de altura total de la especie desde el nivel del suelo hasta el ápice de cada árbol; se registró el diámetro a la altura de pecho (1.30 m), y número de ramas. Los individuos se ubicaron por sus

coordenadas X y Y. En el Cuadro 3.1 se presentan las características generales de cada parcela de observación.

3.4.2. Análisis de la información

Para analizar la estructura de las poblaciones, se determinó el Índice de Valor de Importancia a través de la densidad relativa, dominancia relativa y frecuencia relativa (Curtis y McIntosh, 1951). Asimismo se determinó la composición de especies este análisis se realizó solo en la parcela 2 de La Cañada ya que fue donde se encontró un número mayor de individuos, se construyeron histogramas de frecuencias con base en el diámetro normal, altura y número de ramas por individuo en las cuatro parcelas.

Cuadro 3.1. Descripción de las parcelas de observación en la Cañada del Zopilote, Guerrero.

Parcela	Altitud (msnm)	Pendiente (%)	Exposición	Ubicación	Numero de Individuos de <i>P. weberi</i>
1 (Xalitla)	520	9	Nornoreste	36.1km de Iguala a Xalitla, Gro.	33
2 (Cañada)	800	10	Este	64.9 km de Iguala a la Cañada, Gro.	165
3 (Platanal)	919	35	Sursureste	75 km de Iguala a El Platanal, Gro.	54
4 (Zumpango)	1072	25	Sursureste	92 km de Iguala a Zumpango, Gro.	28

3.4.3. Distribución espacial

Con los datos X, Y de las 4 parcelas se realizó el análisis de distribución espacial de la especie. El patrón espacial univariado de individuos de *P. weberi* en cada uno de los estadios de desarrollo se analizó usando la función $K(t)$ de Ripley (Ripley, 1977). La función $\lambda K(t)$ (λ =intensidad) se define como el número esperado de árboles entre distancias t de un árbol arbitrario. La estimación imparcial de $k(t)$ es analizada con la ecuación:

$$K(t) = n^{-2} |A| \sum_{i \neq j} W_{ij}^{-1} I_t(u_{ij})$$

Donde n es el número de árboles en una parcela A ; $|A|$ denota el área de la parcela; U_{ij} es la distancia entre el i -ésimo y el j -ésimo árbol en A ; $I_t(u)$ es igual a 1 si $u \leq t$ y 0 si no; W_{ij} es la proporción de la circunferencia de un círculo con centro al i -ésimo árbol y radio U_{ij} que se encuentra a un costado dentro de A ; y la sumatoria son los pares de árboles apartados no más allá de t (Ripley, 1977).

Para obtener una mejor distribución de los datos, que permitan determinar si el patrón es aleatorio, agregado o regular, se utilizó la siguiente transformación de raíz cuadrada de $K(t)$ sugerida por (Besag, 1977).

$$L(t) = \sqrt{\frac{K(t)}{\pi}} - t$$

Si el valor de $L(t) = 0$ indica que el patrón espacial a la distancia t es aleatoria.

Valores de $L(t) > 0$ indican una distribución agregada, y valores de $L(t) < 0$ indican una distribución regular o uniforme.

La significancia de la función $L(t)$ se determinó con simulaciones de Monte Carlo (Besag, 1977; Besag y Diggle, 1977; Marriott, 1979). Los límites máximos y mínimos de $L(t)$ se definieron con un 99% de confiabilidad.

3.4.4. Correlación espacial

La correlación entre los estadios de desarrollo de *Pachycereus weberi* y con las especies asociadas con diámetro normal ≥ 5 cm y con una abundancia mayor a 10 individuos, se analizó en la parcela 2 (La Cañada) por la abundancia que se encontró de individuos. La interacción espacial entre los árboles adultos (con y sin floración) y juveniles (sin floración). Se analizó usando la función bivariada $L_{12}(t)$, misma que es una transformación de $K_{12}(t)$ de Ripley (Lotwick y Silverman, 1982)

$$L_{12}(t) = \sqrt{\frac{K_{12}(t)}{\pi}} - t$$

La función $L_{12}(t)$ es una generalización de la función $K_{12}(t)$ para un punto en un proceso bivariado. Si $L_{12}(t) = 0$ los dos grupos son espacialmente independientes, valores de $L_{12}(t) > 0$ indican una asociación positiva (atracción) si los valores de $L_{12}(t) < 0$, entonces la asociación es negativa (repulsión).

La significancia de la función $K_{12}(t)$ se determinó con simulaciones de Monte Carlo (Besag, 1977; Besag y Diggle, 1977; Marriott, 1979). Los límites máximos y mínimos de $L_{12}(t)$ se definieron con un 99% de confiabilidad.

3.5. Resultados y Discusión

3.5.1. Floración

Estudios sobre la polinización biológica y número de cromosomas de *Pachycereus weberi* muestran que esta especie es diploide y tiene la misma incompatibilidad con el sistema de hermafroditas (Gama, 1994; Valiente-Banuet *et al.*, 1997b) y revelan que los miembros de hermafroditas del género *Pachycereus* son de la misma incompatibilidad que las hermafroditas.

La floración de la población de *Pachycereus weberi* inicia aproximadamente en el mes de Marzo y finaliza en el mes de Mayo. En la parcela 1 Xalitla, se encontraron 17 individuos en floración. El más pequeño que se observó en floración presentó una dimensión de 4.5 m, su diámetro 24.1cm, con 17 ramas. En la parcela 2 Cañada, se encontraron 11 individuos en floración, en la cual el individuo más pequeño con flores fue de 6.0 m de altura, 36.4cm de diámetro y con 42 ramas.

Por su parte, en la parcela 3 Platanal, se encontraron 8 individuos en floración, en donde las dimensiones del individuo más pequeño que floreció fue de 6.5 m de altura, su diámetro 30.3cm y 14 ramas. Finalmente en la parcela 4 Zumpango del Río, se censaron 22 individuos con flores. El tamaño mínimo de individuos donde se observó floración fue de 3 individuos con 4.25 m de altura, 29.5, 33.9 y 41.2cm de diámetro además de 31, 47, y 54 ramas respectivamente.

En un estudio realizado sobre *Neobuxbaumia macrocephala* se menciona que los individuos pueden alcanzar un máximo de edad aproximada de 200 años y la primera reproducción puede ocurrir a los 90 años (Vilchis-Anaya, 2000). Además,

estos autores señalan que es claro que en el caso de especies longevas su cambio de poblaciones ocurre en escala de décadas.

3.5.2. Densidad

En el Cuadro 3.2. se presenta la densidad de individuos de *Pachycereus weberi* que se censaron en cada una de las cuatro parcelas de observación establecidas. Se observa que en la parcela 2 La Cañada es donde se encuentra el mayor número de individuos juveniles y adultos. En esta parcela también se registraron todos los individuos de especies leñosas con diámetros a la altura del pecho (dap) ≥ 5 cm. La composición de especies y el Índice de Valor de Importancia Relativo (IVIR) se presenta en el Cuadro 3.3. En las parcelas restantes no se realizó este análisis por la escasez de individuos.

Cuadro 3.2. Densidad de individuos de *Pachycereus weberi* por estadios de desarrollo y por parcela en La Cañada del Zopilote, Guerrero.

Parcela	Estadios de desarrollo	
	Juveniles	Adultos
	Ind/2500 m ²	
1 Xalitla	16	17
2 Cañada	94	71
3 Platanal	39	16
4 Zumpango	2	27

La especie de *Pachycereus weberi* en el sitio de estudio está asociada con *Acacia tenuifolia*, *Euphorbia schlechtendalii*, *Acacia* sp, *Zizyphus mexicana*, *Ceiba aesculifolia*, *Stemmadenia obovata*, *Acacia macilenta*, *Senna wislizeni*, *Myrtillocactus*

geometrízans, *Bursera copalífera*, *Bursera longipes*, *Ipomoea arborescens*, *Bursera aptera*, *Cyrtocarpa procera*, *Poeppigia procera*, *Gyrocarpus jatrophiifolius*, *Fucsia* sp, *Sapindus saponaria*.

Pachycereus weberi presenta el mayor IVIR con 41.14 %, seguida de *Acacia tenciifolia* con 22.59 %. Esta especie está estrechamente relacionada con *Pachycereus weberi* en este sitio de estudio y dominan fisonómicamente el paisaje donde co-ocurren. La tercera especie con mayor IVIR fue *Euphorbia schlechtendalii* con 6.77 %, Valor muy inferior que el registrado por las dos especies anteriores (Cuadro 3.3).

Muchas especies de cactáceas crecen en asociación con plantas nodrizas, particularmente durante los primeros estadios. La sombra de estas plantas perennes reduce la evapotranspiración y amortigua la temperatura, lo cual incrementa la germinación y el establecimiento de los cactus. En algunos casos se ha detectado especificidad entre especies particulares de cactus y ciertas plantas nodrizas (Godínez-Álvarez, 2003). Sin embargo, con la información colectada no es posible determinar con exactitud si este síndrome está presente en *Pachycereus weberi* en la Cañada del Zopilote. Se reconoce a la provincia florística Cuenca del Balsas como un área que destaca por la riqueza y grado de endemismos de su flora (Rzedowski, 1991a y 1991b; Challenger, 1998).

Cuadro 3.3. Composición de especies e Índice de Valor de Importancia de la parcela 2 (La Cañada) en La Cañada del Zopilote, Guerrero.

Especie	Densidad		Área basal		Frecuencia		IVIR*
	(ind./ha)	%	(m ² /ha)	%	Absoluta	%	
<i>Pachycereus weberi</i> (Coul.) Backeb.	660	39.29	11.09	63.48	1.00	20.66	41.14
<i>Acacia tenuifolia</i> (L.) Willd.	580	34.52	2.20	12.59	1.00	20.66	22.59
<i>Euphorbia schlechtendalii</i> Boiss.	120	7.14	0.57	3.26	0.48	9.92	6.77
<i>Acacia</i> sp.	76	4.52	0.26	1.49	0.40	8.26	4.76
<i>Ziziphus mexicana</i> Rose.	52	3.10	0.30	1.72	0.40	8.26	4.36
<i>Ceiba aesculifolia</i> (Kunth) Britten & Baker.	36	2.14	1.00	5.72	0.28	5.79	4.55
<i>Stemmadenia obovata</i> (Hook & Arn.) Schum.	24	1.43	0.09	0.52	0.24	4.96	2.30
<i>Acacia macilenta</i> Rose	24	1.43	0.46	2.63	0.20	4.13	2.73
<i>Senna wislizeni</i> (A.Gray)	20	1.19	0.04	0.23	0.16	3.31	1.58
Myrtillocactus geometrizzans(Martius) Console	20	1.19	0.28	1.60	0.04	0.83	1.21
<i>Bursera copalifera</i> (Sesse & Moc. ex Dc.) Bullock.	16	0.95	0.39	2.23	0.16	3.31	2.16
<i>Bursera longipes</i> (Rose) Standl.	12	0.71	0.18	1.03	0.08	1.65	1.13
<i>Ipomoea arborescens</i> (Homb. & Bonpl.) G.Don	8	0.48	0.23	1.32	0.08	1.65	1.15
<i>Bursera aptera</i> Ramírez	12	0.71	0.05	0.29	0.12	2.48	1.16
<i>Cyrtocarpa procera</i> H.B.K.	4	0.24	0.25	1.43	0.04	0.83	0.83
<i>Poeppigia procera</i> Presl.	4	0.24	0.05	0.29	0.04	0.83	0.45
<i>Gyrocarpus jatrophifolius</i> Domin.	4	0.24	0.01	0.06	0.04	0.83	0.38
<i>Fucsia</i> sp	4	0.24	0.01	0.06	0.04	0.83	0.38
<i>Sapindus saponaria</i> L.	4	0.24	0.01	0.06	0.04	0.83	0.38
TOTAL	1680		17.47		4.84		

*Índice de Valor de Importancia Relativo

3.5.3. Histograma de frecuencias de altura, diámetro y número de ramas

Por lo general *Pachycereus weberi* son plantas arborescentes y ampliamente ramificadas, variables en altura y algunas de las especies son de las más altas en Norteamérica (Backeberg, 1960; Bravo-Hollis, 1978; Britton y Rose, 1920). La distribución de alturas de *Pachycereus weberi* se presenta en la Figura 3.1 y 3.2, para las cuatro parcelas de observación analizada (1-Xalitla, 2-La cañada, 3-El Platanal, y 4-Zumpango). En las tres primeras parcelas se observa un número relativamente elevado de individuos, comparado con las categorías subsiguientes, en la categoría de 0.1 a 2 m de altura. Esto confirma la existencia de individuos juveniles (Figura 3.1). En la parcela 4-Zumpango, la mayor concentración de individuos se encuentra en las categorías de 5 a 8 m de altura, y coincide con el tamaño mayor de los individuos registrados. Tanto en la parcela 1-Xalitla como en la parcela 2-La cañada se presentó una segunda moda en la categoría de 7 a 8 m en la primera, y en la categoría de 5 a 6 m en la segunda. A pesar de que en las tres primeras parcelas se registró un mayor número de individuos en la categoría de juveniles (de 0.1 a 2 m), esto no quiere decir que el reclutamiento de nuevos individuos a la población se esté presentando de manera constante. Se observó un número casi nulo de individuos en categoría intermedias entre juveniles y adultos reproductivos. Es preciso recordar que el tamaño mínimo promedio de individuos en que se observó floración fue de 5.3 m de altura. Este hallazgo indica fuertes problemas para la regeneración de la especie, que debe ser evaluada a profundidad para determinar las causales de este patrón estructural.

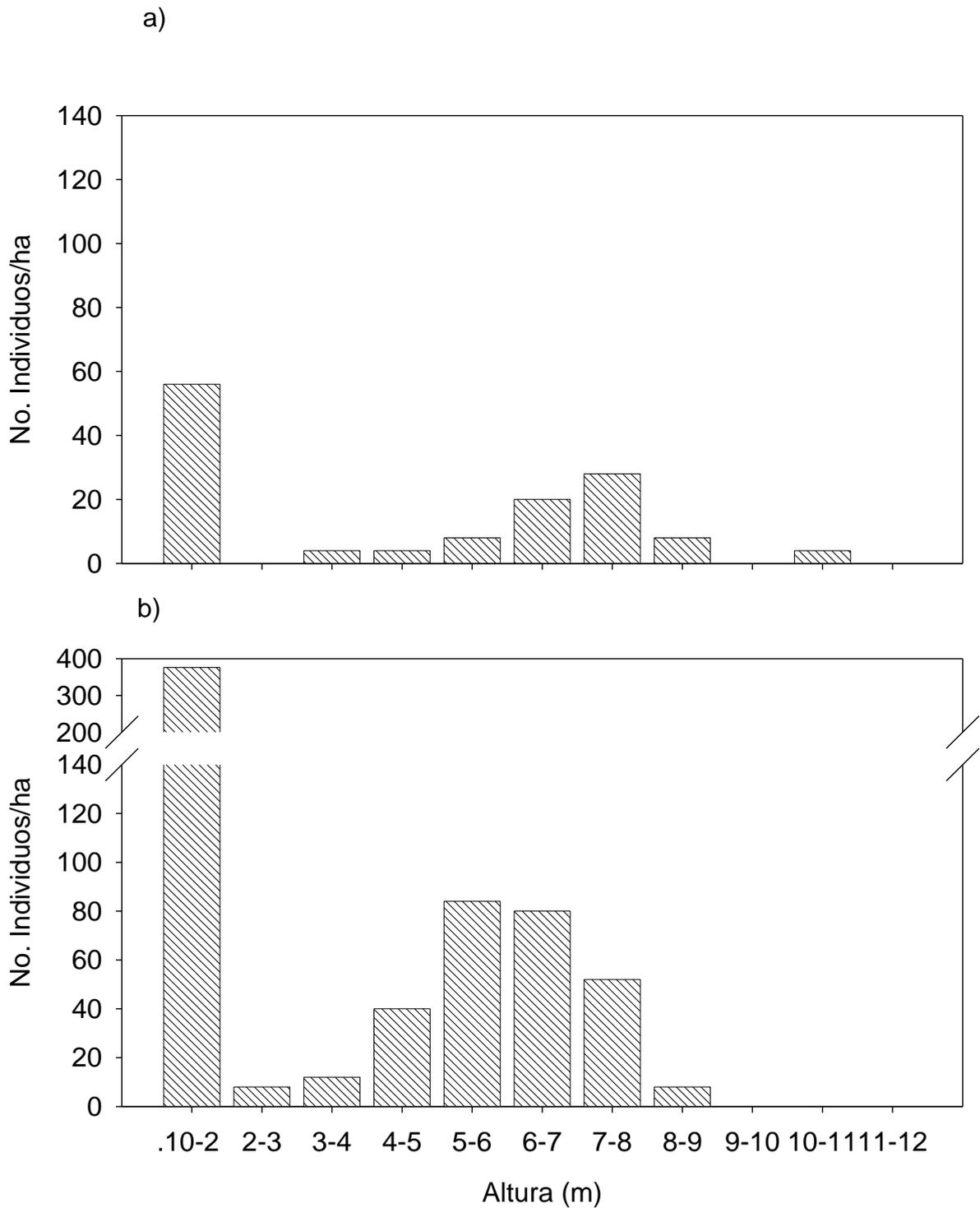


Figura 3.1. Distribución de alturas de *Pachycereus weberi* en las parcelas de observación a) parcela 1 (Xalitla) y b) parcela 2 (La Cañada) en La Cañada del Zopilote, Guerrero.

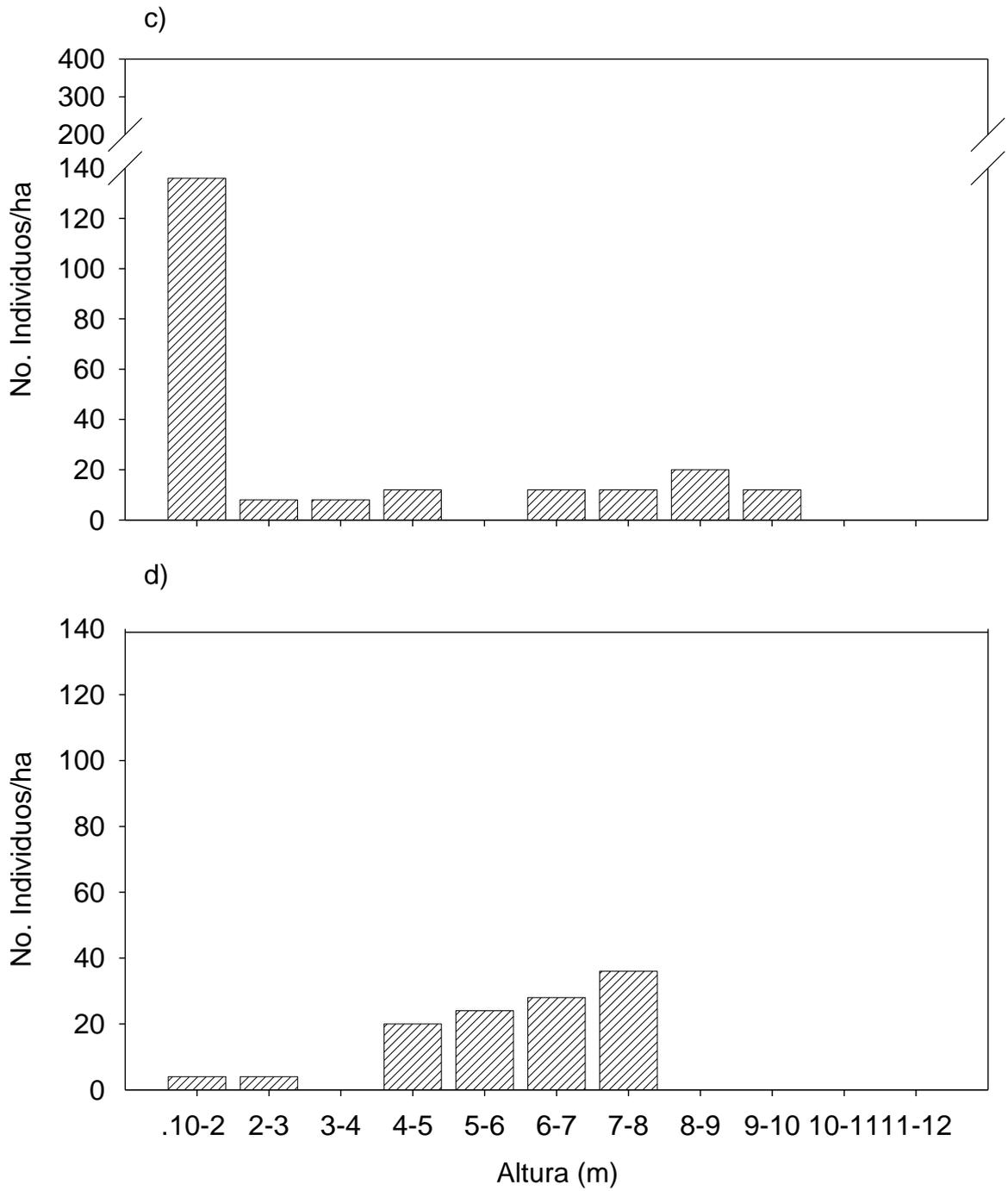


Figura 3.2. Distribución de alturas de *Pachycereus weberi* en las parcelas de observación c) parcela 3 (El Platanal) y d) parcela 4 (Zumpango) en La Cañada del Zopilote, Guerrero.

Con relación a las distribuciones diamétricas de *Pachycereus weberi* (Figura 3.3 y 3.4), no se detectó un patrón consistente en las cuatro parcelas. Solo en la parcela 2-La Cañada y parcela 3-Platanal, se observa un mayor número de individuos en la categoría diamétrica de 0.1 a 5 cm de diámetro. En la parcela 1-Xalitla el número de individuos por categoría es constante, es decir, independientemente de la categoría diamétrica, el número de individuos en cada una de ellas es similar. Este patrón puede sugerir un reclutamiento aunque constante pero mínimo. El extremo se presenta en la parcela 4-Zumpango, donde el patrón de distribución diamétrica es de forma normal (campana de Gauss) con nula presencia de individuos en etapa juvenil.

La distribución del número de ramas para la especie se presenta en la Figura 3.5 y 3.6. En las poblaciones de las parcelas 1, 2 y 3 un gran número de individuos presentó de 1 a 10 ramas. Gibson y Horak (1978) destaca que la mayoría de las especies de *Pachycereus weberi*, son ampliamente ramificados. Este hallazgo se pudo comprobar para *Pachycereus weberi*, donde se registraron individuos con hasta 80 ramas. El extremo se presentó en la parcela 4-Zumpango, donde la mayoría de individuos son ampliamente ramificados, lo que indica que se trata de individuos adultos y de grandes dimensiones.

Tanto la distribución de altura como la de diámetros y del número de ramas, confirman la idea de que las poblaciones analizadas de esta especie en la Cañada del Zopilote se encuentran en estado crítico de conservación. Por un lado, existe muy poco reclutamiento de nuevos individuos juveniles, siendo extremo en la población Zumpango, la cual se localiza aledaña al centro de asentamiento humano del mismo nombre (Zumpango del Río), lo cual

indirectamente puede considerarse como uno de los factores que influyen en la condición en que se encuentran las comunidades vegetales.

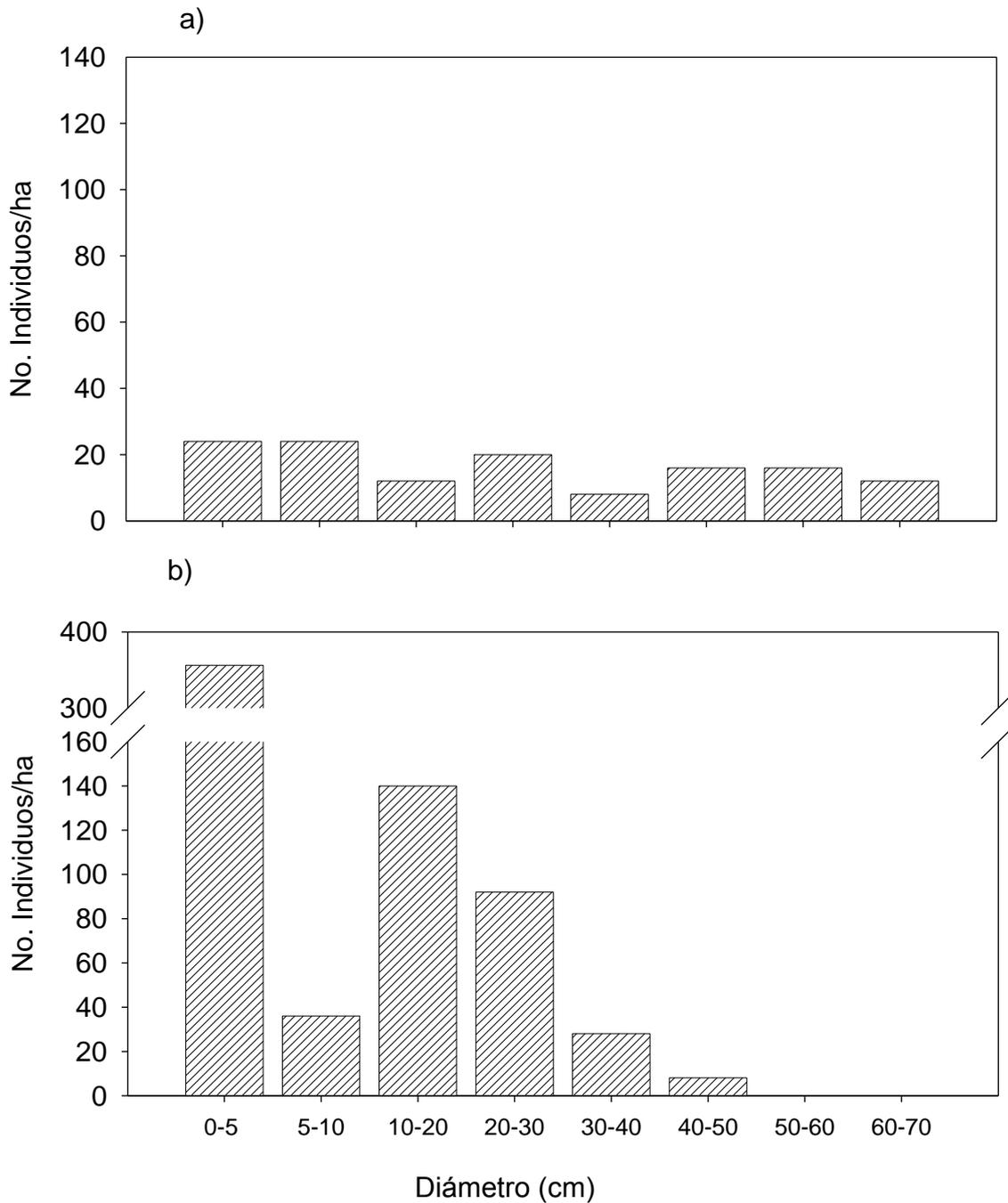


Figura 3.3. Distribución de diámetros de *Pachycereus weberi* en las parcelas de observación a) parcela 1 (Xalitla) y b) parcela 2 (La Cañada) en La Cañada del Zopilote, Guerrero.

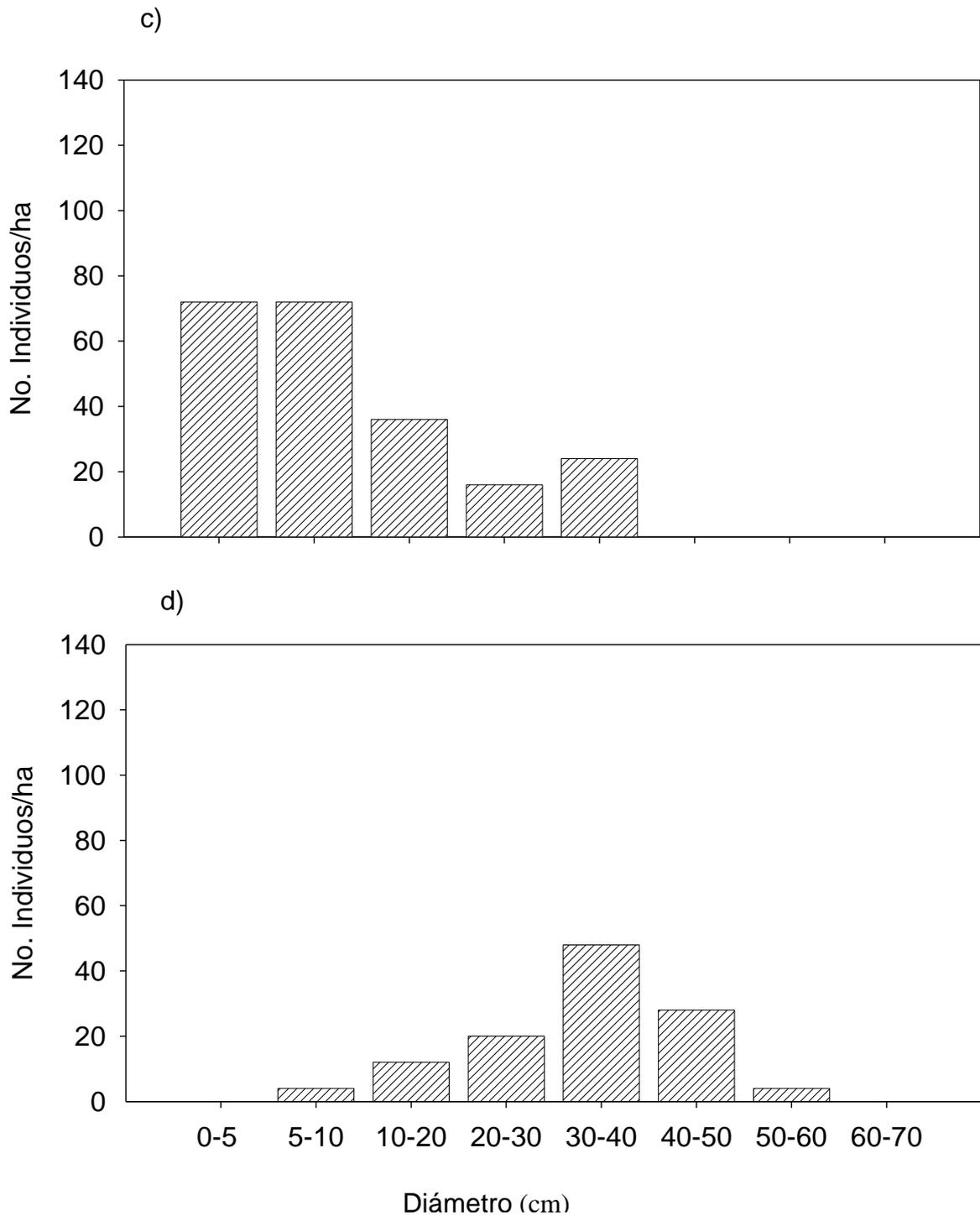


Figura 3.4. Distribución de diámetros de *Pachycereus weberi* en las parcelas de observación c) parcela 3 (El Platanal) y d) parcela 4 (Zumpango) en La Cañada del Zopilote, Guerrero.

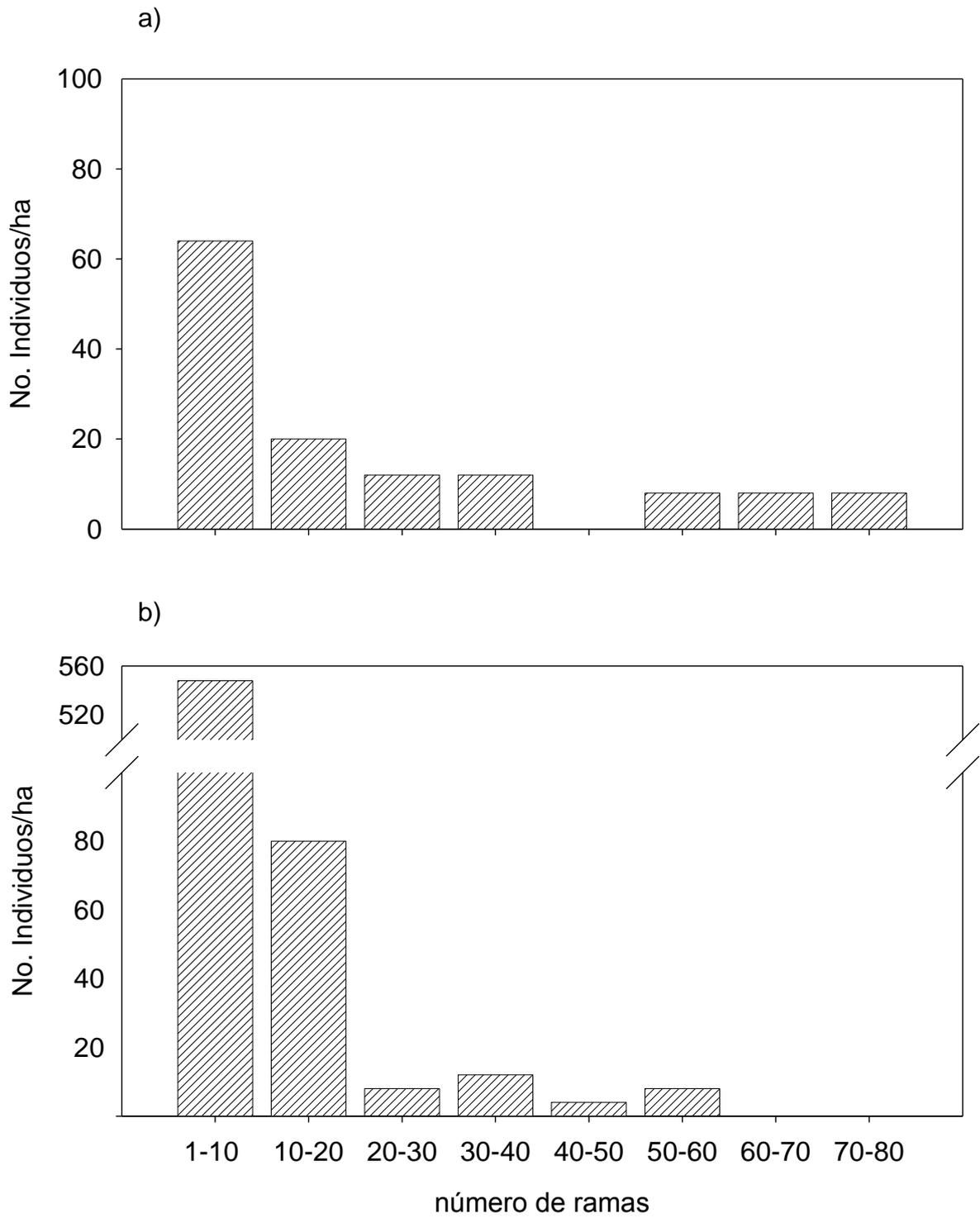


Figura 3.5. Distribución de número de ramas de *Pachycereus weberi* en las parcelas de observación a) parcela 1 (Xalitla) y b) parcela 2 (La Cañada) en La Cañada del Zopilote, Guerrero.

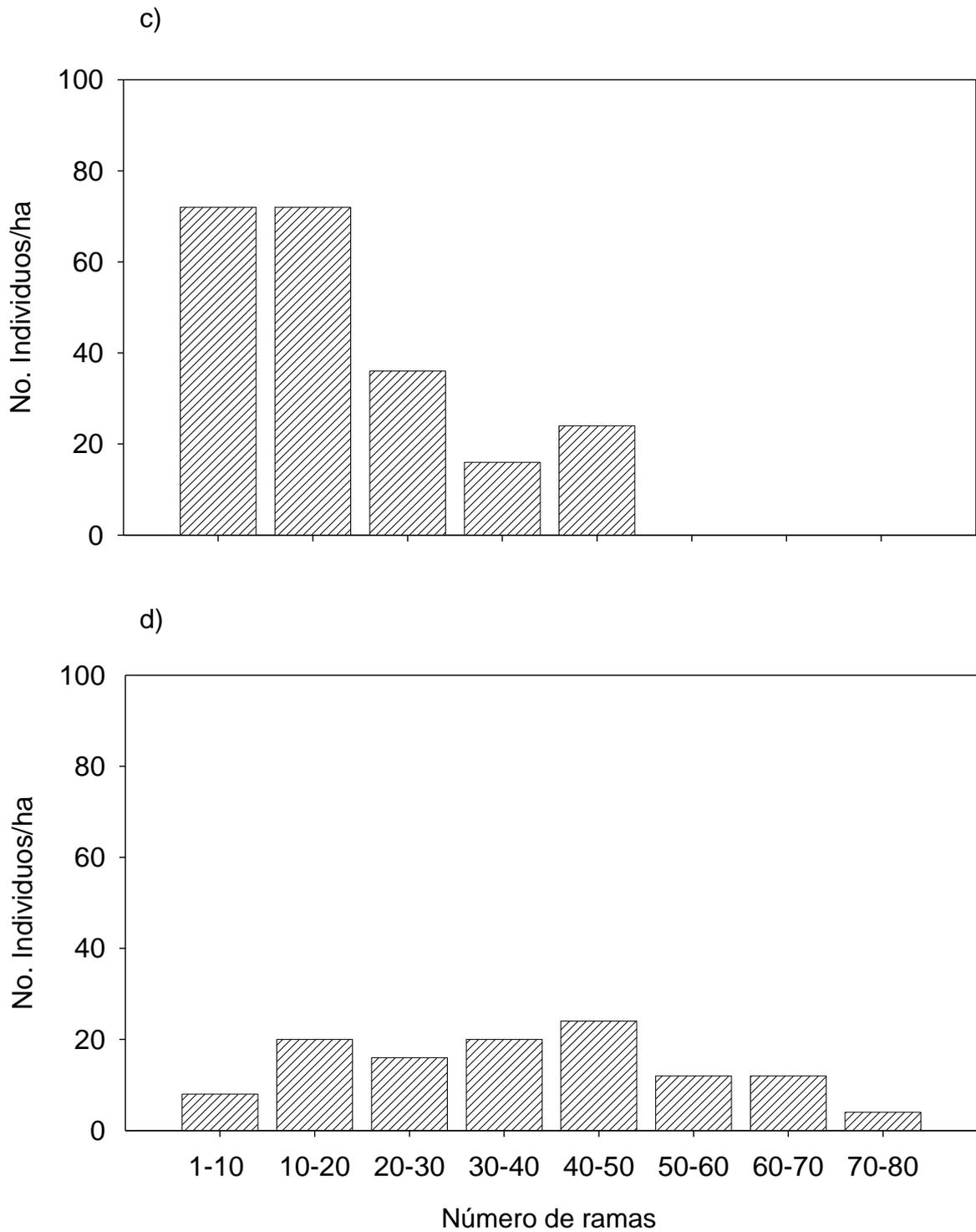


Figura 3.6. Distribución de número de ramas de *Pachycereus weberi* en las parcelas de observación c) parcela 3 (El Platanal) y d) parcela 4 (Zumpango) en La Cañada del Zopilote, Guerrero.

En las cuatro poblaciones predominan individuos de grandes dimensiones y una escasa regeneración. A través de visitas a los centros artesanales donde se

elaboran objetos con la madera de esta especie, se pudo constatar que individuos de grandes dimensiones son los más apreciados por los artesanos, lo que pone en peligro aún mayor a estas poblaciones, ya que el aprovechamiento se lleva a cabo sin ninguna regulación.

3.5.4. Patrón de distribución espacial

En la Figura 3.7, 3.8 y 3.9 se presenta la distribución en plantas de los individuos juveniles y adultos de *Pachycereus weberi* localizados en cada una de las parcelas de observación se puede destacar la baja densidad de individuos de esta especie en ambos estados de desarrollo, y en algunos casos como en la parcela 3, la tendencia de distribuirse en sólo un lado de la parcela. La parcela que mayor densidad de individuos presentó fue la Parcela 2-Cañada. Asimismo, se destaca la baja densidad de individuos de la Parcela 4-Zumpango, sobre todo en etapa juvenil, ya que en dicha parcela sólo se registraron dos individuos en etapa de desarrollo (con altura < 2 m).

A simple vista es posible inferir un patrón agregado en la distribución espacial de ambos estadios de desarrollo de *Pachycereus weberi*. Lo anterior fue constatado cuando se realizó el análisis a través del Índice de Distribución Espacial K_{12} de Ripley (Ripley, 1977). A excepción de la parcela 1-Xalitla, los individuos tanto juveniles como adultos presentaron una distribución espacial agregada en todas las distancias analizadas (Figura 3.10, 3.11, 3.12 y 3.13).

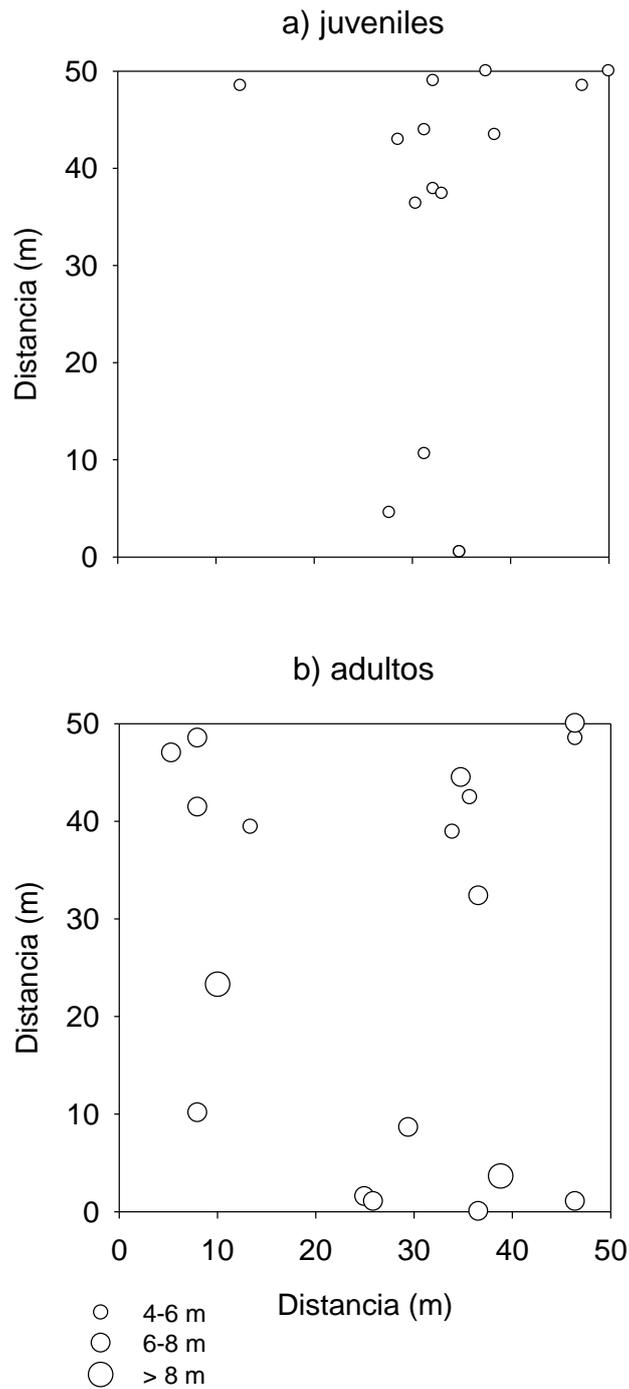


Figura 3.7. Distribución espacial de *Pachycereus weberi* de la parcela 1 (Xalitla) en plantas a) juveniles (H .10-4) y b) adultos (H 4-6m, 6-8>8) en La Cañada del Zopilote, Guerrero.

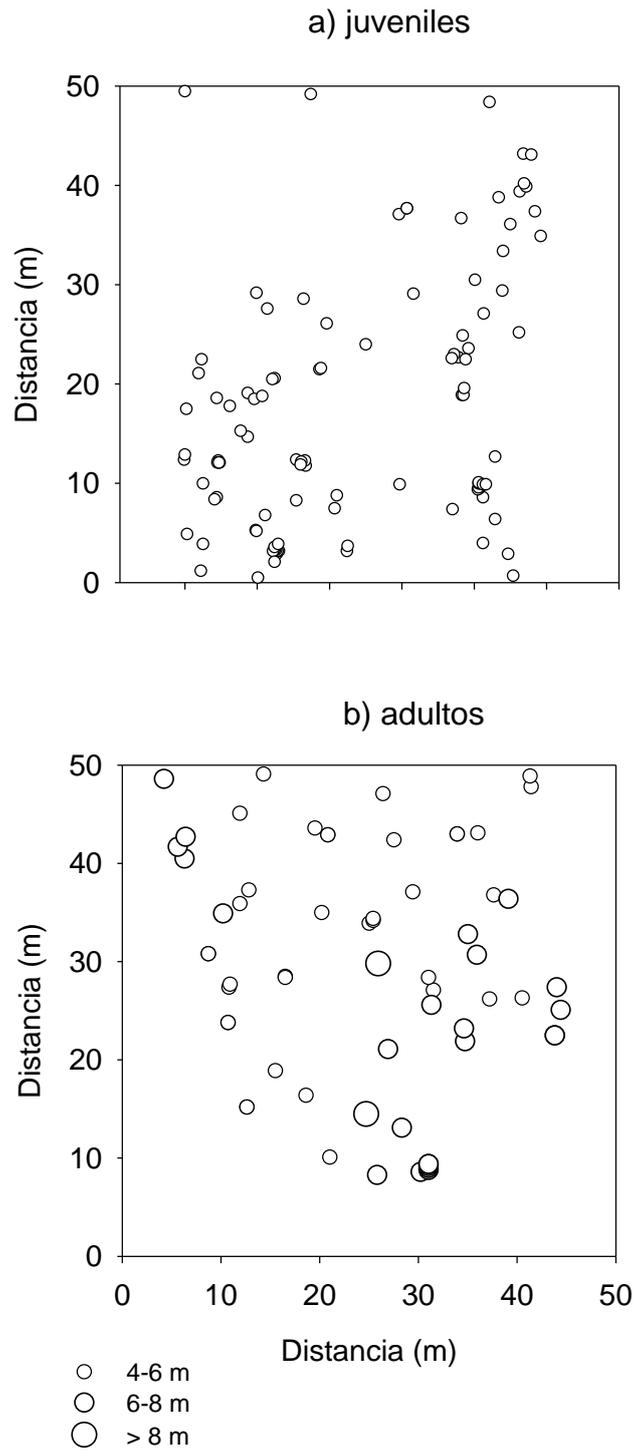


Figura 3.8. Distribución espacial de *Pachycereus weberi* de la parcela 2 (La Cañada) en plantas a) juveniles (H .10-4) y b) adultos (H 4-6, 6-8>8) en La Cañada del Zopilote, Guerrero.

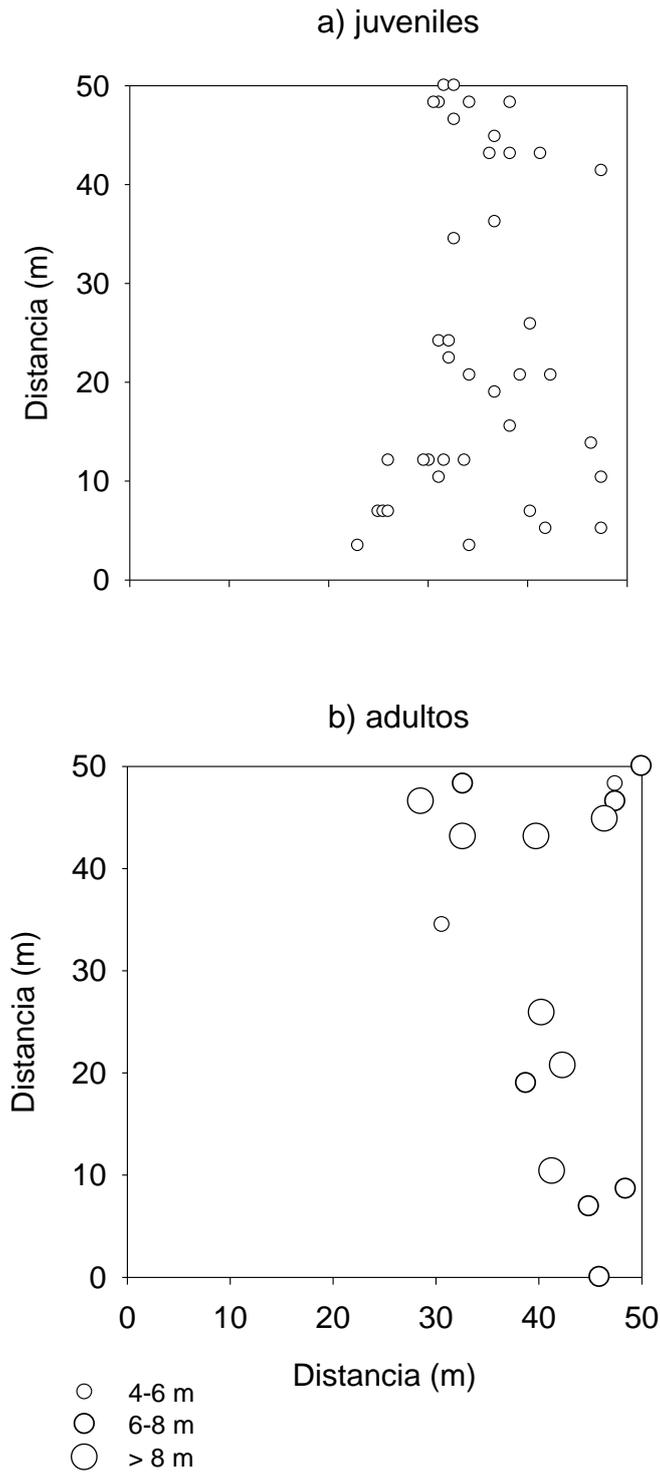


Figura 3.9. Distribución espacial de *Pachycereus weberi* de la parcela 3 (El Platanal) en plantas a) juveniles (H .10-4) y b) adultos (H 4-6, 6-8>8) en La Cañada del Zopilote, Guerrero.

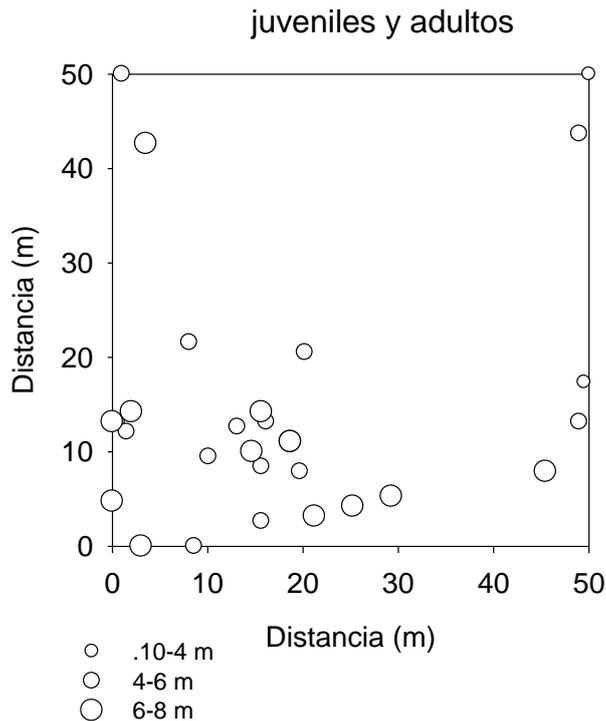


Figura 3.10. Distribución espacial de *Pachycereus weberi* en la parcela 4 (Zumpango) de plantas juveniles (H .10-4) y adultos (H 4-6, 6 -8) en La Cañada del Zopilote, Guerrero.

En la Parcela 1-Xalitla, la distribución espacial de los juveniles es en general agregada, aunque no en todas las distancias analizadas. Por su parte, los individuos adultos presentaron una distribución aleatoria.

En especies muy longevas, es muy común encontrar patrones espaciales agrupados en estadios de desarrollo tempranos de la población. De hecho, el patrón común de variación cambia de agrupado a aleatorio a medida que los individuos pasan de estadios juveniles a adultos. El patrón de distribución espacial agrupado en la clase de tamaño pequeñas ha sido ampliamente referida en la literatura.

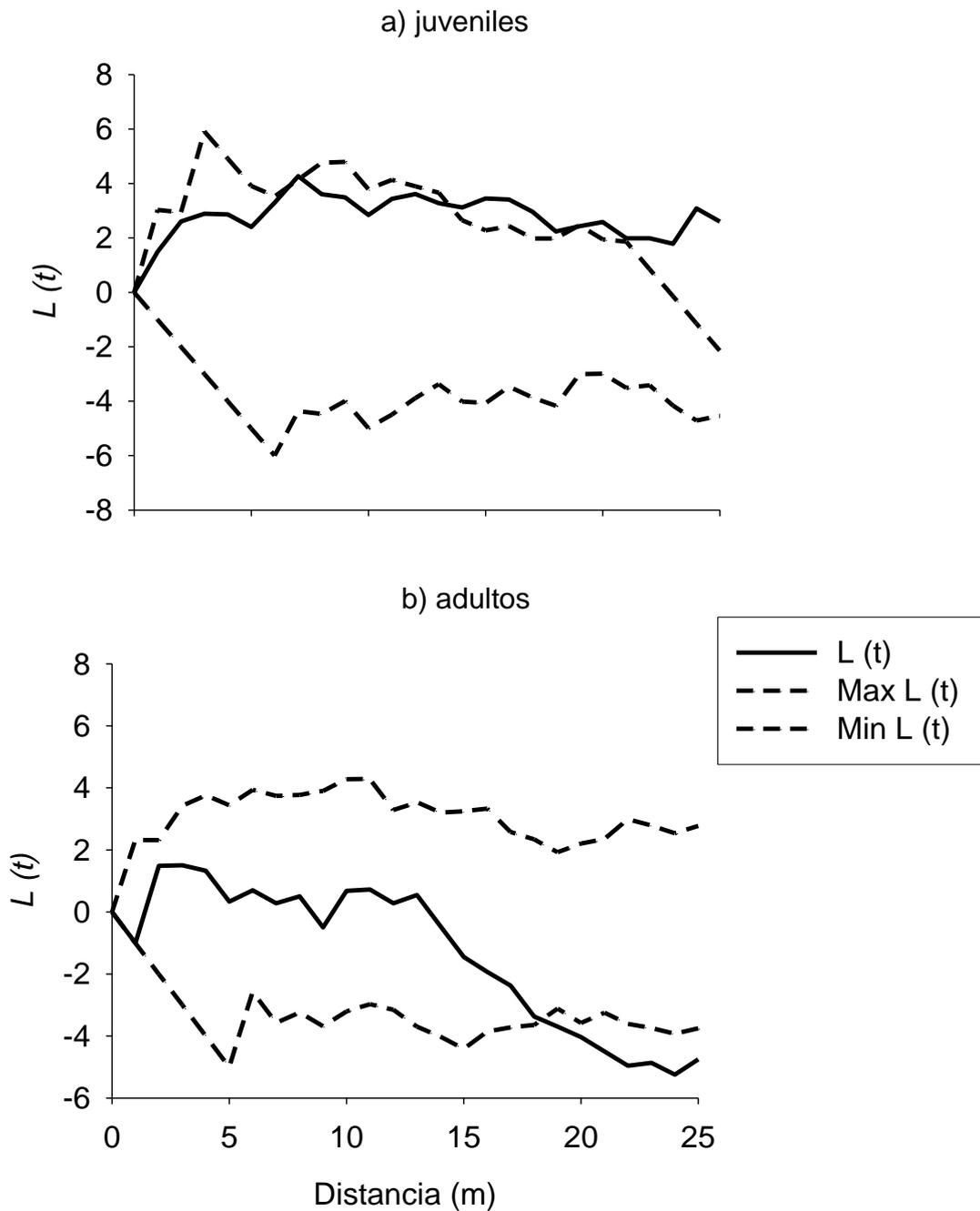


Figura 3.11. Distribución espacial $L(t)$ de a) juveniles y b) adultos de *Pachycereus weberi* en la parcela de observación 1 (Xalitla) en La Cañada del Zopilote, Guerrero.

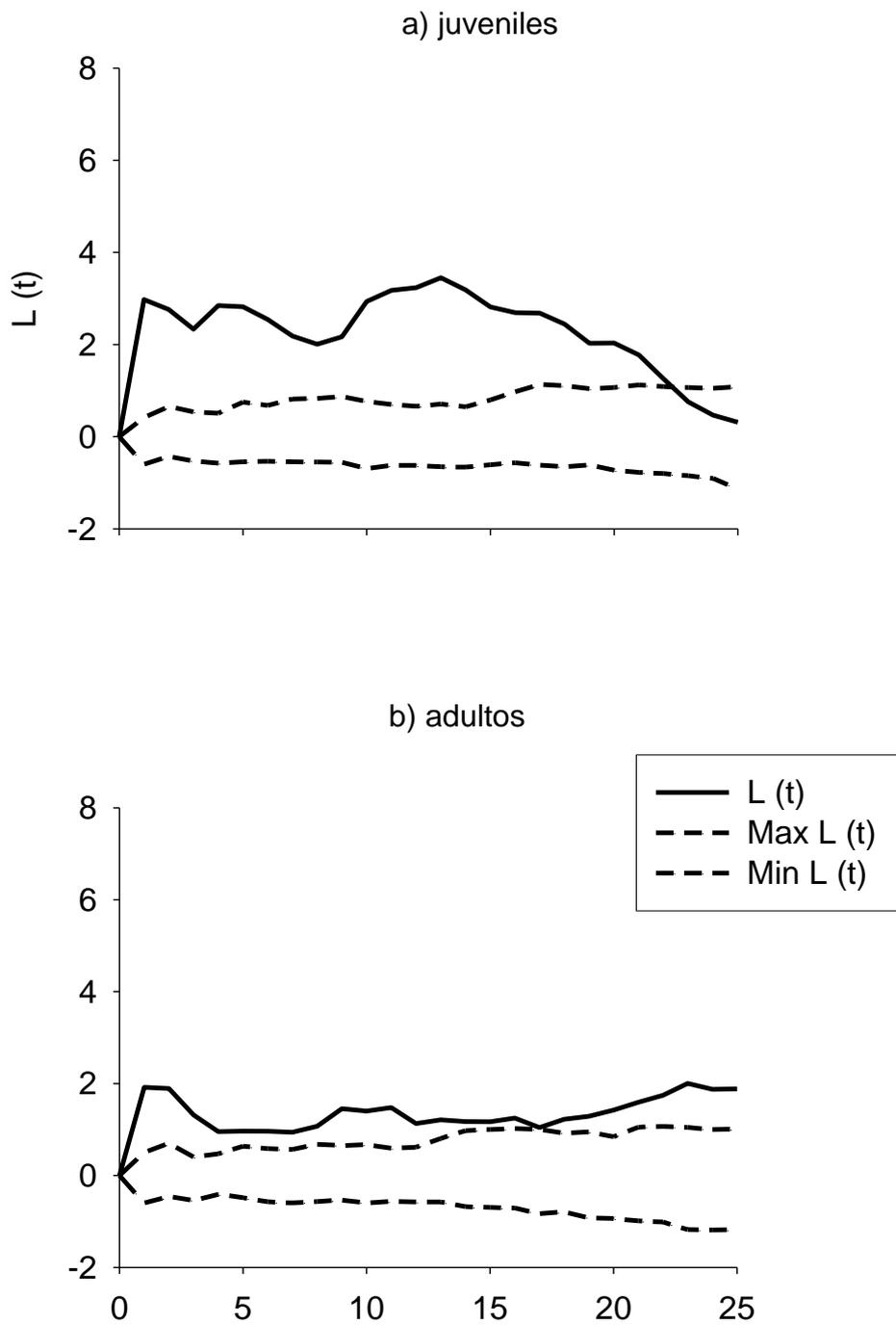


Figura 3.12. Distribución espacial $L(t)$ de a) juveniles y b) adultos de *Pachycereus weberi* en la parcela de observación 2 (La Cañada) en La Cañada del Zopilote, Guerrero.

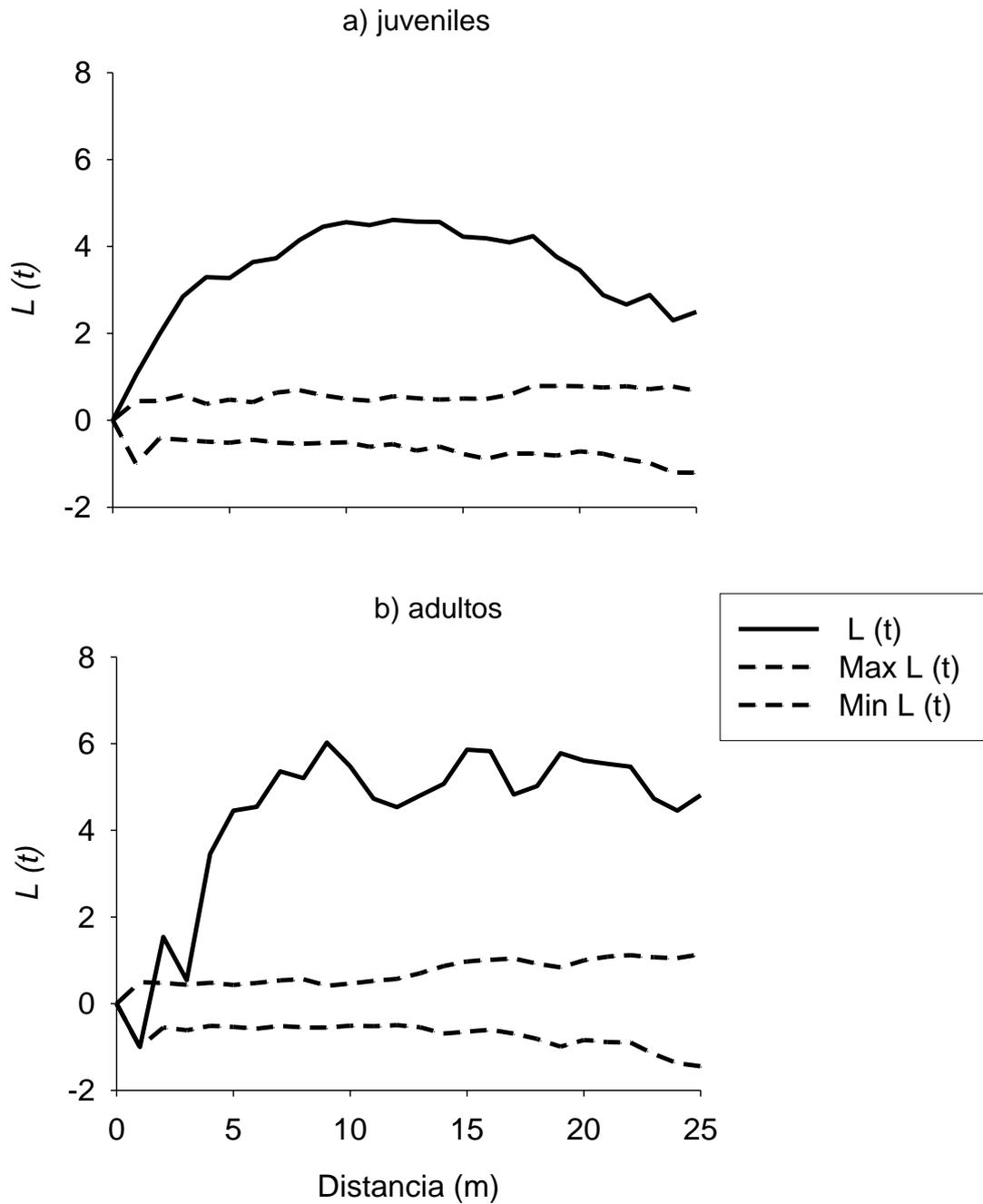


Figura 3.13. Distribución espacial $L(t)$ de a) juveniles y b) adultos de *Pachycereus weberi* en la parcela de observación 3 (El Platanal, Guerrero) en La Cañada del Zopilote, Guerrero.

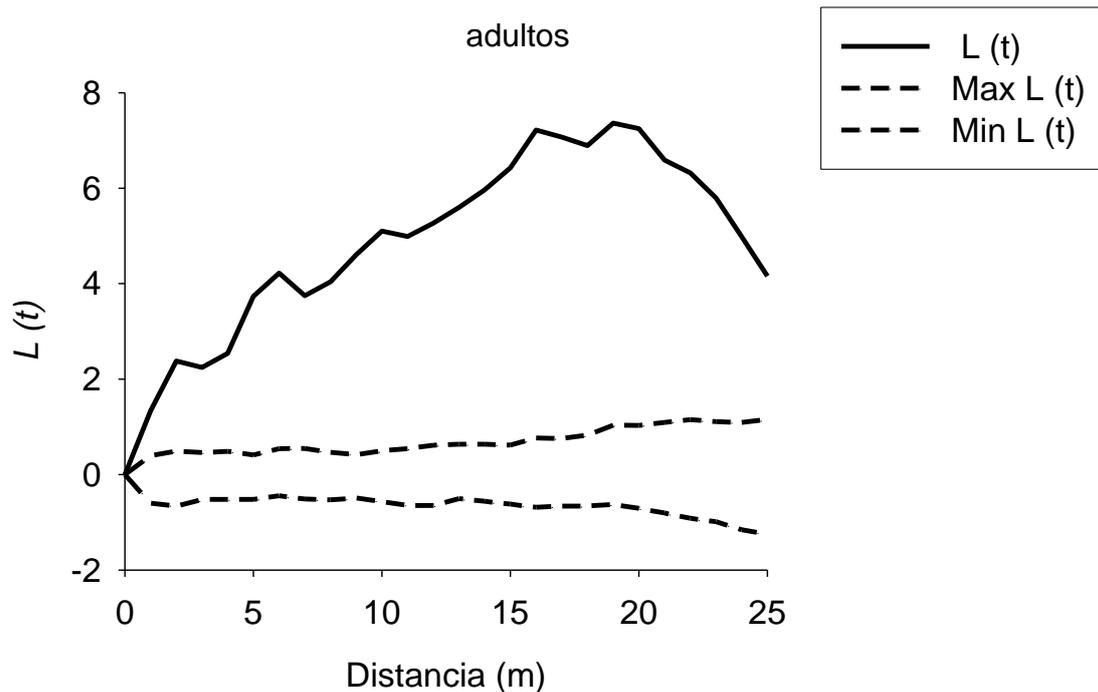


Figura 3.14. Distribución espacial $L(t)$ de individuos adultos de *Pachycereus weberi* en la parcela de observación 4 (Zumpango) en La Cañada del Zopilote, Guerrero.

Algunas especies donde se ha reportado el patrón agregado en estadios juveniles son *Pinus uncinata* Mill. (Camarero y Gutiérrez, 1999), *Cryptomeria japonica* (Hirayama y Sakimoto, 2003) y *Fagus grandifolia* var. *mexicana* (Álvarez-Aquino, 1997; Jarillo-Hernández, 2006; Godínez-Ibarra, 2007) *Nothofagus menziesii* (Cullen et al., 2001), *Abies lasiocarpa* y *Picea engelmannii* (Antos y Parish, 2002).

La mayoría de las especies de Cactáceae muestran una distribución espacial agregada, lo cual es un reflejo de la alta variación en la distribución de los recursos ambientales y del sitio a lo largo de su distribución. La posible asociación de los cactus con plantas nodrizas que facilitan su establecimiento, es otro de los factores que explica su distribución agregada (Godínez-Álvarez, 2003).

Por otra parte la agrupación de los individuos puede deberse a muchos factores, entre estos se pueden encontrar las condiciones topográficas específicas.

Pachycereus weberi en la Cañada del Zopilote crece en sitios con pendientes, pronunciadas, afloramientos rocosos y en cañadas. Sin embargo, este es un aspecto que aún se necesita explorar a mayor detalle. Los taxa incluidos en *Pachycereus* muestran, en términos generales, preferencias por substratos calizos, aunque no en forma exclusiva y se asocian con diferentes comunidades vegetales, principalmente los bosques tropicales caducifolios, los bosques espinosos y los matorrales xerófilos (Backeberg, 1960; Bravo-Hollis, 1978; Britton y Rose, 1920).

En registros donde se ha determinado el patrón de distribución espacial en cactáceas el patrón común es agregado aún en individuos adultos sobretodo en especies columnares. Algunos trabajos donde se reporta este patrón son por ejemplo Valiente-Banuet y Ezcurra (1991) en *Neobuxbaumia tetetzo*, Larrea-Alcázar y Soriano (2008) en *Stenocereus griseus*, *Cereus repandus* y *Pilocereus tillianus*, Zenteno-Ruiz *et al.* (2009) en *Parodia maassii*, y Nova-Muñoz (2010) en *Neobuxbaumia mezcalaensis*.

La agrupación espacial de los árboles de *Pachycereus weberi*, parece ocurrir en toda el área de la Cañada, esto se puede observar a gran distancia, por la altura, y cobertura que tienen estos árboles, que los hace distinguir entre toda la vegetación presente en el área. Un patrón agregado indica la presencia de interacciones entre los individuos, o entre los individuos y el medio. Existen muchas causas probables para la formación de un patrón agregado. Puede ser por factores intrínsecos o extrínsecos, estas dos clases de factores pueden igualmente interactuar de muchas formas, y afectar la trayectoria evolutiva de la población o especie a todos los niveles de organización (Márquez, 2000).

3.5.5. Correlación espacial

No es común encontrar estudios donde se analice la correlación espacial entre estadios de desarrollo en poblaciones de cactáceas. Sin embargo, esta información es muy importante porque puede definir la relación espacial entre estadios de desarrollo y los posibles sitios donde ambos pueden prosperar. Se ha establecido que en poblaciones de especies longevas, como en especies arbóreas, las condiciones que son favorables para el establecimiento y crecimiento de individuos en etapa de plántula, pueden no ser las más favorables para estadios juveniles y adultos (Grubb, 1977). Por tanto, los sitios de colonización de los juveniles pueden no ser los sitios donde un individuo tiene la mayor probabilidad de alcanzar su estado adulto.

En tres de las cuatro parcelas de observación analizadas, la correlación espacial de juveniles y adultos de *Pachycereus weberi* es de independencia (Figura 3.15). Es decir, no se detectó un claro patrón de atracción o repulsión entre ambos grupos de individuos. En la parcela 4-Zumpango, no fue posible realizar el análisis porque solo se registraron dos individuos en etapa juvenil. La independencia espacial puede tener fuertes implicaciones para la colonización y mantenimiento de las poblaciones. Este patrón puede reflejar la habilidad de individuos juveniles para no depender de la cercanía de adultos para su establecimiento, siempre y cuando haya suficiente suministro de semillas y dispersores de estas.

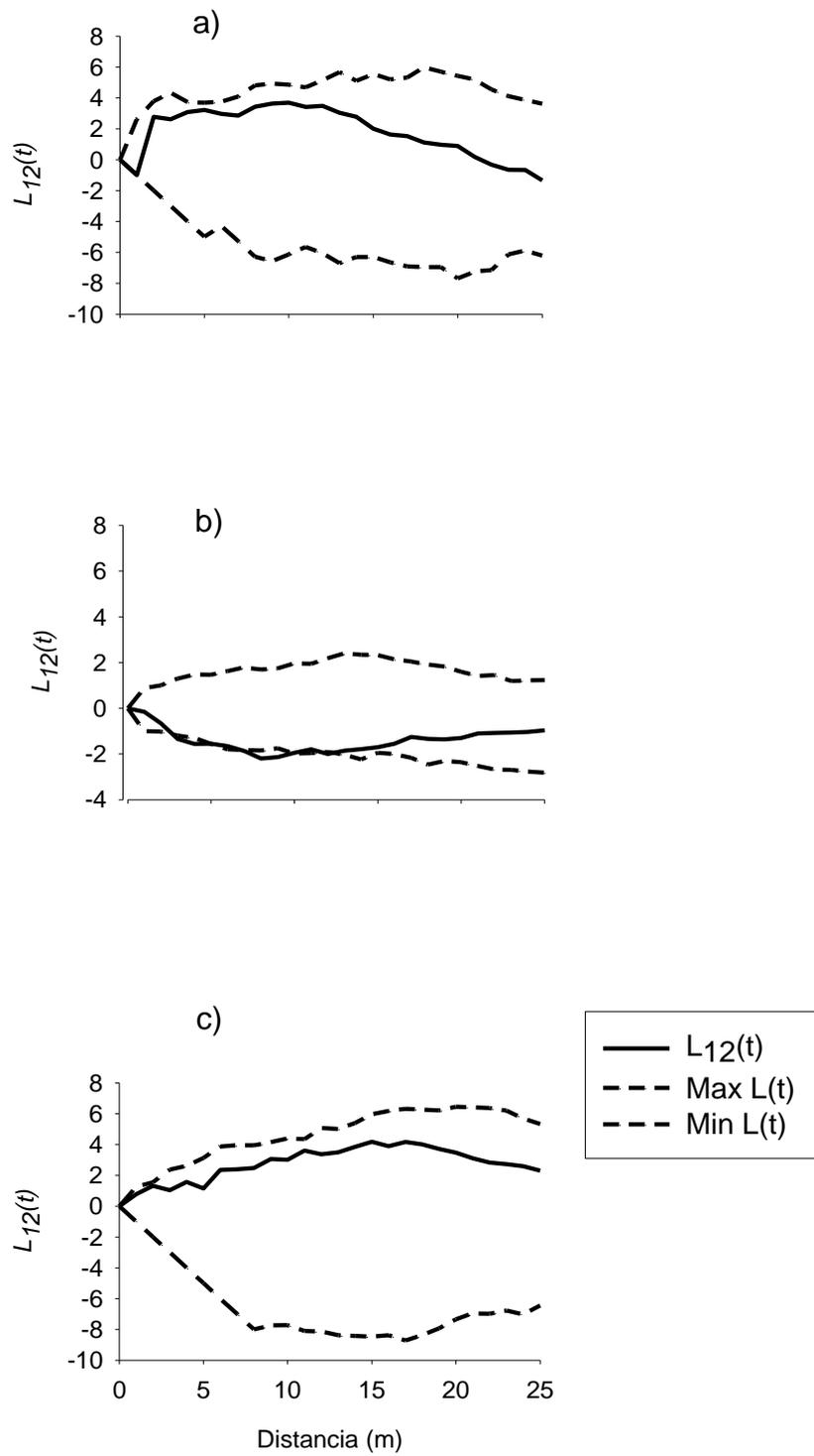


Figura 3.15. Correlación espacial $L_{12}(t)$ de juveniles y adultos de *Pachycereus weberi* en las parcelas de observación, a) parcela 1 (Xalitla), b) parcela 2 (La Cañada), c) parcela 3 (El Platanal) en La Cañada del Zopilote, Guerrero.

A pesar de que no existe mucha información sobre el análisis de correlación espacial entre estadios de desarrollo dentro de la misma especie de cactácea, sí se ha analizado el papel que juegan las especies asociadas en el establecimiento de nuevos individuos. Estas especies, consideradas nodrizas, regularmente facilitan el establecimiento de las primeras (Reyes-Olivas, 2002, López-Gijón, 2007, Larrea-Alcázar *et al.*, 2008, Larrea-Alcázar y Soriano, 2008, Zenteno-Ruiz *et al.*, 2009).

En el presente trabajo se realizó un intento por determinar si especies arbóreas asociadas a *Pachycereus weberi* en la parcela 2-La Cañada, presentaban algún patrón de asociación con juveniles y adultos. Sin embargo, las cuatro especies que presentaron la densidad suficiente para realizar el análisis, mostraron una distribución espacial de independencia con respecto a *Pachycereus weberi* (Figura 3.16, 3.17, 3.18 y 3.19).

El interés por realizar este tipo de análisis con las especies asociadas fue la de tratar de detectar de manera preliminar, la posible relación positiva que pudiera existir entre especies asociadas con *Pachycereus weberi*. Lo anterior podría explicar la posible existencia del síndrome de nodricismo como se ha detectado para otras especies de cactáceas. Sin embargo, si éste está presente para *Pachycereus weberi*, seguramente está dado por otras especies de menor tamaño que no fueron incluidas en el presente estudio. Por lo tanto, es necesario realizar análisis más detallados donde se incluyan especies que pudieran jugar este papel en estadios de desarrollo tempranos.

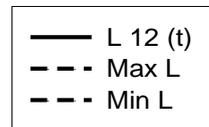
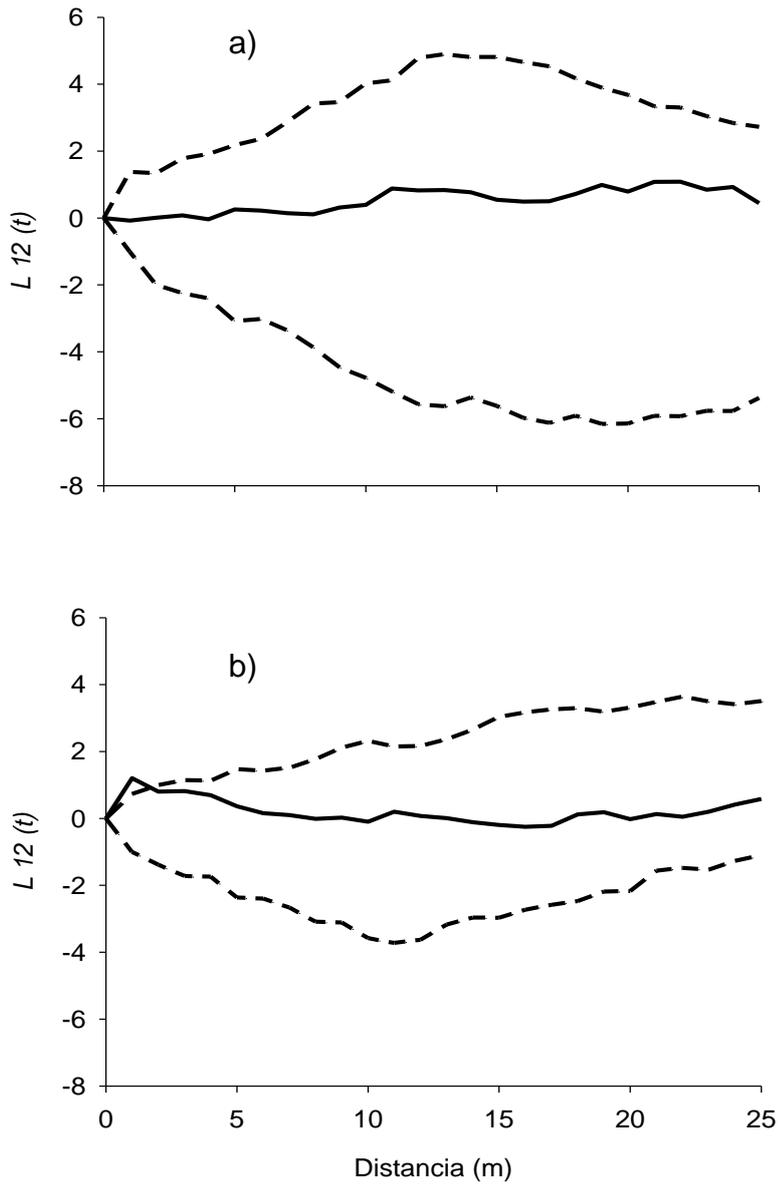


Figura 3.16. Correlación espacial $L_{12}(t)$ de individuos de *Euphorbia schlechtendali* con individuos a) juveniles y b) adultos de *Pachycereus weberi* parcela 2 en La Cañada del Zopilote, Guerrero.

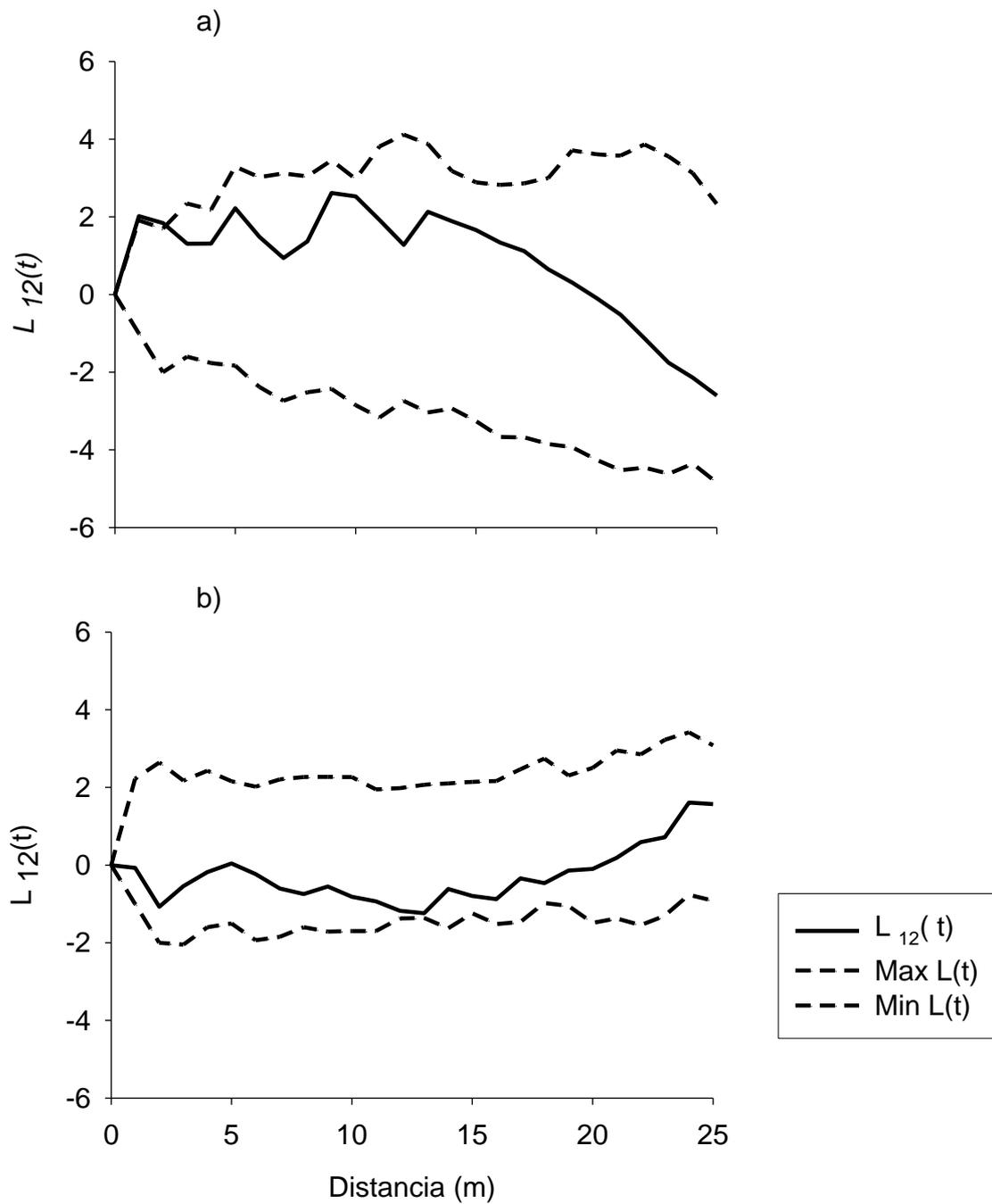


Figura 3.17. Correlación espacial $L_{12}(t)$ de *Zizyphus mexicana* Rose (corongoro) con individuos a) juveniles y b) adultos de *Pachycereus weberi* parcela 2 en La Cañada del Zopilote, Guerrero.

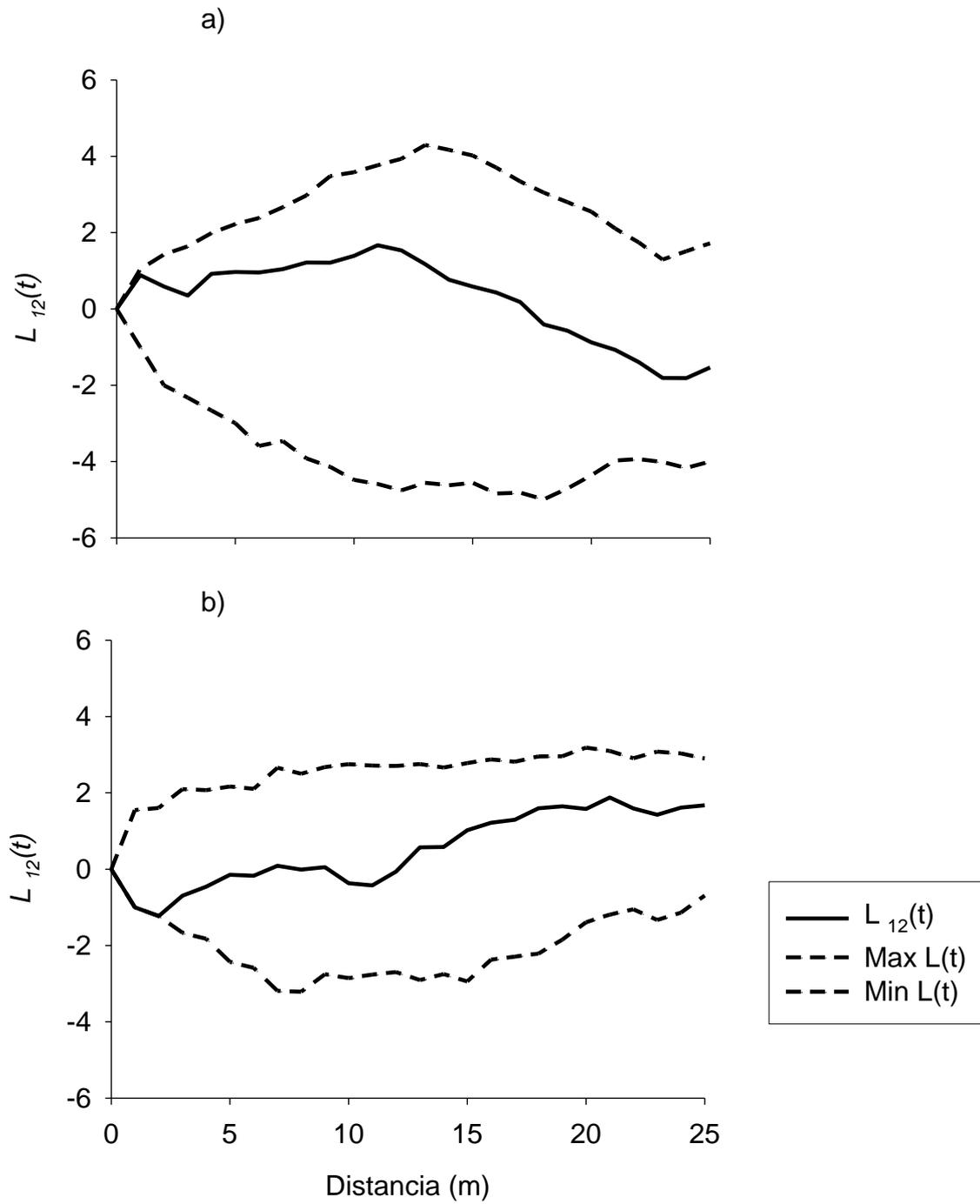


Figura 3.18. Correlación espacial $L_{12}(t)$ de *Acacia* sp. con individuos a) juveniles y b) adultos de *Pachycereus weberi* parcela 2 en La Cañada del Zopilote, Guerrero.

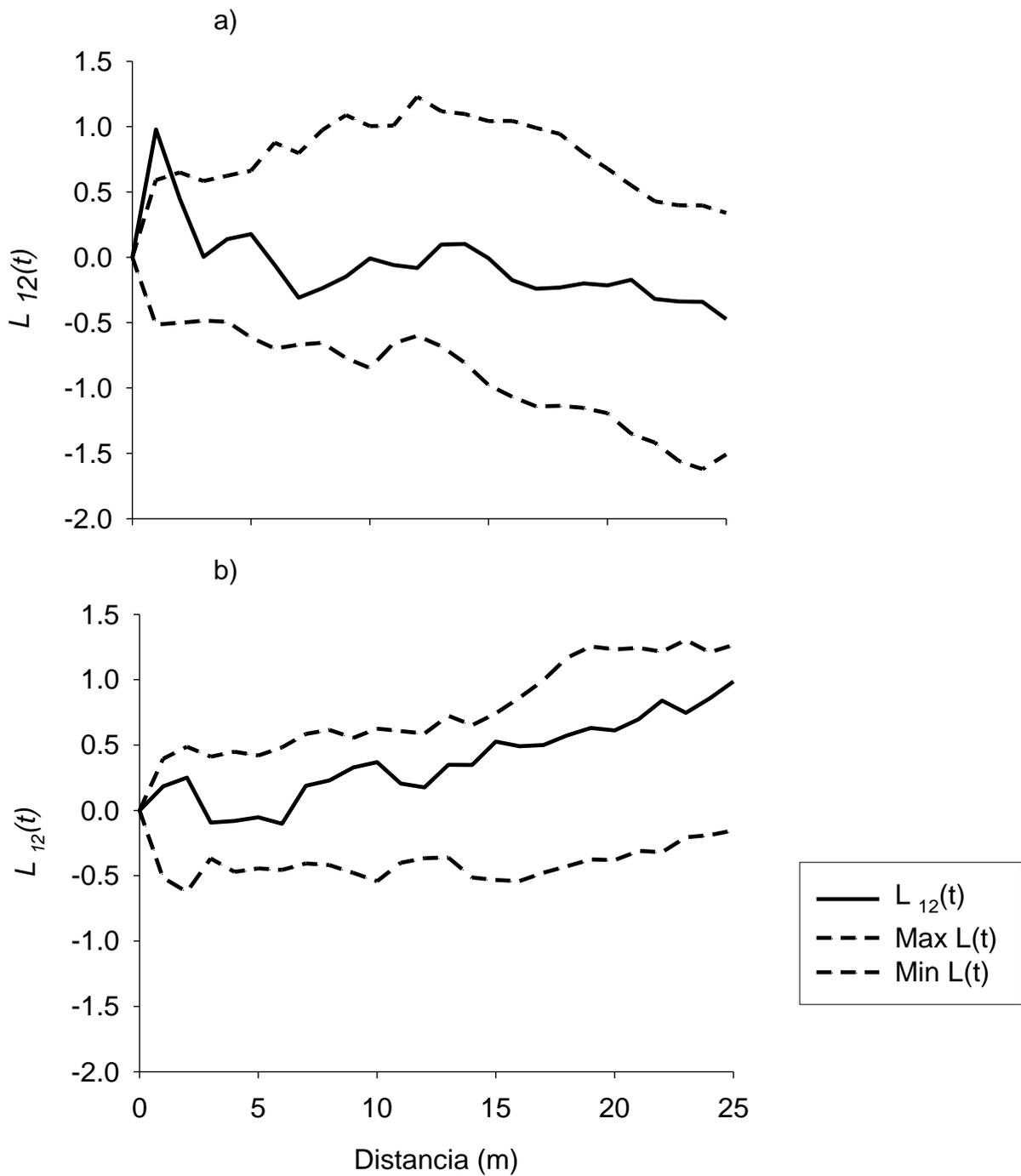


Figura 3.19. Correlación espacial $L_{12}(t)$ de *Acacia tenuifolia* con individuos a) juveniles y b) adultos de *Pachycereus weberi* parcela 2 en La Cañada del Zopilote, Guerrero.

3.6. Conclusiones

Los resultados del análisis de la estructura poblacional de *Pachycereus weberi* en la Cañada del Zopilote, Guerrero, muestran que esta especie presenta serios problemas en el reclutamiento de nuevos individuos a la población. Se observó un patrón discontinuo en el reclutamiento de individuos en los histogramas de frecuencias tanto en altura como en diámetro.

Pachycereus weberi presentó el Valor de Importancia Relativo más alto, seguido de *Acacia tenuifolia* y *Euphorbia schlechterdallii*, lo que demuestra su importancia estructural y fisonómica en las comunidades donde se presenta.

La población de *Pachycereus weberi* en los cuatro sitios de estudio se dispersa de forma agrupada en la mayoría de los individuos tanto en la etapa de plántulas y de adultos.

El patrón de distribución espacial tanto de individuos en estadio juvenil como adulto, es agrupado, lo que sugiere sitios específicos donde la especie es capaz de establecerse y alcanzar su estatura adulta. La correlación espacial tanto intraespecífica como interespecífica fue de independencia.

CAPÍTULO IV

Análisis Demográfico de plántulas de *Pachycereus weberi*

4.1. Introducción

En general las fases de más alta mortalidad en especies vegetales se presentan en las fases de semilla y plántula. La etapa de plántula presenta una mortalidad elevada ya que gran parte de la presión de selección de individuos ocurre en este momento. Los estudios demográficos en árboles tropicales muestran que estos individuos son altamente susceptibles al ataque de enemigos naturales, a los daños físicos y a las variaciones edáficas, lumínicas e hídricas en el sotobosque de las selvas. Las plántulas expuestas de las diferentes especies se han utilizado para explicar los patrones de dispersión y asociación de los árboles en las etapas juveniles y adultas (Cruz-Rodríguez y López-Mata, 2004).

Al parecer el efecto del herbivorismo es más drástico en las etapas tempranas (semillas, plántulas y juveniles). Así mismo la susceptibilidad de una planta a un factor ambiental determinado varía de una etapa a otra y a la resistencia a este factor determina si el individuo pasa a la siguiente etapa, permanece en la misma o muere (Harper, 1977).

En el estudio sobre la demografía de *Pachycereus pringlei* en dos unidades geomórficas contrastantes del paisaje en Baja California Sur, México, Silva (1996) señala que la presencia de adultos en más altos porcentajes en superficies antiguas, con respecto a individuos jóvenes, muestra que hubo más establecimientos hace relativamente poco tiempo en suelos jóvenes, seguramente producto de condiciones húmedas excepcionales. Si se retoma el hecho de que los suelos más jóvenes ofrecen mejores condiciones para el reclutamiento de individuos, la primera conclusión de *Pachycereus pringlei*, que

actualmente se encuentra en la unidad antigua representan a los últimos descendientes de una población que fue más parecida, en otro tiempo, a lo que la superficie reciente es en la actualidad. Por tanto, los sitios y sustratos juegan un papel extremadamente importante en la definición de “sitios seguros” (*sunsu* Harper, 1977) para esta especie. Es común observar un mosaico de patrones de renovación del paisaje, en los cuales en las etapas tempranas se producen las condiciones edáficas adecuadas para la colonización y el establecimiento de arbustos longevos y de cactáceas columnares.

En la reserva del Pedregal de San Ángel (López-Villavicencio, 1999), en un estudio sobre la dinámica poblacional de *Mammillaria magnimamma*, mostró que las fases tempranas del ciclo de vida son las fases críticas para esa especie. Contreras (2000) menciona que la población de *Mammillaria crucigera*, especie rara de la región Tehuacán-Cuicatlán, en edades de 21 y 48 años se encuentra decreciendo, ya que esta especie no presenta reclutamiento de individuos de 1 a 8 años de edad. Esto evidencia a una población que quizás a la larga tienda a decrecer por ausencia de nuevos individuos, lo cual enfatiza la necesidad de proteger a está y a otras especies con características demográficas parecidas.

Resultados similares han sido encontrados para otros grupos de plantas. Por ejemplo, en Quintana Roo, Padilla (1996), menciona que la alta tasa de mortalidad total asociada a las colonias de palmas pequeñas se debe a que, por su tamaño, es más probable que el deterioro de tejidos (causado por depredación, sedimentación, sobre crecimiento de otros organismos, etc.) provoque su muerte. Un deterioro similar en colonias de mayor tamaño, es poco probable que origine una mortalidad total entendida como una muerte “instantánea” de toda la colonia.

Pero sin duda, las colonias de gran talla pueden llegar a desaparecer de la población, al ir reduciendo su tamaño en el transcurso del tiempo.

Un estudio sobre algunos aspectos de la influencia de la luz sobre el crecimiento de estados juveniles de especies primarias, menciona que las causas de mortalidad en plántulas están estrechamente relacionadas con las condiciones de luz (Del Amo, 1985). Además indica que la interpretación de la composición de la comunidad es posible por medio del conocimiento de las necesidades de luz de las especies.

Por otro lado, se ha observado un efecto del tiempo de emergencia en la supervivencia de plántulas de primer año. Por ejemplo, el análisis de demografía de plántulas de *Tagetes micrantha*, realizado por González-Astorga y Núñez-Farfán (2000) mostró una diferencia en el modelo de supervivencia entre las cohortes tardías y tempranas asociada con la precipitación. La longevidad fue de 154 días para la primera cohorte, pero sólo de 74 días para la cohorte más reciente.

Cecropia obtusifolia presentó una gran pérdida numérica en la población durante el estado de plántula (Álvarez-Buylla y Martínez-Ramos, 1992). Las plántulas murieron después de 167 días. La supervivencia de las plántulas estuvo relacionada con el tamaño de las plantas. Otros factores que determinan la supervivencia de esta especie se incrementa con el tamaño del claro. Sin embargo, algunas plántulas expuestas completamente a la luz del sol mueren, aparentemente debido a la resequedad del suelo (Álvarez-Buylla y Martínez-Ramos, 1992).

En cuanto al estudio de demografía de plantas y modelos de dinámica de poblaciones, se menciona que con el uso de técnicas demográficas se han

desarrollado modelos de ciclo de vida y dinámica de poblaciones de plantas con historias de vida contrastantes. Los resultados son también de gran utilidad en aspectos de conservación y manejo de recursos naturales (Álvarez-Buylla y García-Barrios, 1993; Martínez-Ramos y Álvarez-Buylla, 1995). El éxito o fracaso de la regeneración natural depende de factores como la producción y dispersión de semillas, así como de las condiciones para la germinación y desarrollo de las plántulas (temperatura, radiación solar y humedad del suelo), y en último de los casos, de la supervivencia de estas.

Por lo tanto la información sobre el reclutamiento de nuevos individuos a la población es de suma importancia para determinar los posibles escenarios de conservación y uso de las especies vegetales. De esta forma, se diseñó el presente estudio con el propósito de evaluar la demografía de las plántulas de *Pachycereus weberi* (en cuanto a aspectos cuantitativos de los nacimientos, fallecimientos, crecimiento y reproducción en esta población) y conocer los factores que afectan el crecimiento y mortalidad de las plántulas.

Pachycereus weberi es una de las especies de cactáceas representativas de la Cañada del Zopilote, Guerrero, y reviste importancia económica y ecológica, por los ingresos económicos. Se realizó el presente trabajo como una contribución al conocimiento demográfico de la especie, pretendiendo con ello entender mejor las posibles fuentes de su conservación y aprovechamiento de la misma.

4.2. Objetivos

- Evaluar la demografía de plántulas de *Pachycereus weberi*.
- Conocer los factores que afectan el crecimiento, mortalidad y supervivencia de las plántulas de *Pachycereus weberi*.

4.3. Materiales y Métodos

4.3.1. Trabajo de campo

Se realizó un recorrido a lo largo de la Cañada del Zopilote para detectar las poblaciones de *Pachycereus weberi*. Se eligió como área de estudio al sitio que se encuentra en la localidad de Milpillas.

Para realizar los conteos de las plántulas se utilizó un marco de madera de 0.5 × 0.5 m; clavos de 5" y cordón para dividir las subparcelas. Se establecieron 12 parcelas de 0.5 × 0.5 m dentro de un área de aproximadamente una hectárea. El marco de madera de 0.5 × 0.5 m se dividió en subparcelas de 0.1 × 0.1 m. Se contaron las plántulas de *Pachycereus weberi* y se ubicaron en una hoja milimétrica para tener un mapa de su localización.

Mensualmente se registraron las plántulas emergidas y sobrevivientes, durante 12 meses. Además, se registró el crecimiento en altura de las plántulas, desde el nivel del suelo hasta el ápice. Con los datos obtenidos de los censos se elaboró una tabla de vida y se determinó la curva de supervivencia a la que pertenecen las plántulas de esta especie (Deevey, 1947).

4.4. Resultados

4.4.1. Tabla de vida y curva de supervivencia de plántulas de más de un año

Se registraron un total de 28 plántulas de más de un año de edad al inicio del periodo de observación (junio de 2006). Se presentó mortalidad en todos los meses pero en el mes de Febrero a Marzo sólo se registraron 2 plántulas, para que al final del periodo de observación en mayo de 2008 solo sobrevivió una plántula. Las plántulas de esta especie tienen un crecimiento lento. Se registraron incrementos en altura de solo 2 mm en el periodo de observación.

En el Cuadro 4.1 se presenta la tabla de vida, la cual describe la mortalidad de una cohorte de una población en un momento dado. Se observa que al inicio del periodo de observación en el mes de Junio se registraron 28 plántulas pero para el mes de Julio se registraron 19 plántulas con la más alta mortalidad (columna dx) de 9 plántulas. Estos datos corresponden a una sobrevivencia de 0.7 (columna lx) y un índice de mortalidad de 0.3. El mayor índice de mortalidad se registró en los meses de Febrero a Marzo (columna qx) con 0.75 que corresponde a la muerte de 6 plántulas. Los valores más altos de la esperanza media de vida adicional (columna ex) para las plántulas vivas se registró en los meses de Julio a Agosto de (5.1 meses), de Agosto a Septiembre (4.6 meses) y de Junio a Julio de (4.3 meses). Por su parte, los valores más bajos de esperanza de vida se presentaron en los meses de Febrero a Marzo (1 mes), de Marzo a Abril (1.5 meses), y de Abril a Mayo (0 meses). Lo anterior evidencia el bajo porcentaje de supervivencia durante los meses de mayor sequía y altas temperaturas (Febrero a Mayo). Los cuadros estadísticos de esperanza de vida son un formato conveniente para describir la mortalidad proyectada de una población (Krebs, 1985).

Cuadro 4.1. Tabla de esperanza de vida de plántulas de *Pachycereus weberi* de más de un año en Milpillas, Cañada del Zopilote, Guerrero.

Tiempo	n_x	l_x	d_x	q_x	L_x	T_x	e_x
jun	28	1	9	0.32	23.5	120	4.3
jul	19	0.7	2	0.1	18	96.5	5.1
ago	17	0.6	0	0	17	78.5	4.6
sep	17	0.6	4	0.23	15	61.5	3.6
oct	13	0.5	3	0.23	11.5	46.5	3.6
nov	10	0.4	0	0	10	35	3.5
dic	10	0.4	2	0.2	9	25	2.5
ene	8	0.3	0	0	8	16	2
feb	8	0.3	6	0.75	5	8	1
mar	2	0.1	1	0.5	1.5	3	1.5
abr	1	0	0	0	1	1.5	1.5
may	1	0	0	0	0	0	0

n_x = Numero de individuos

l_x = Proporción de individuos que sobreviven al inicio del intervalo x

d_x = Número de individuos que mueren durante el intervalo x a $x + 1$

q_x =índice de mortalidad durante el intervalo x a $x + 1$

e_x = Esperanza promedio de vida para los organismos que están vivos al comienzo del periodo de edad x

Se menciona en algunos trabajos como el de Ceccon *et al.* (2002) que las plántulas que se regeneran a partir de rebrotes son más exitosas que las que se regeneran por semillas es el caso de esta especie ya que se regenera por la germinación de semillas, generalmente expuestas en el suelo, sin que lleguen a su estado adulto. Por lo que en este caso *Pachycereus weberi* la etapa de plántula se presenta en forma escasa en la región de estudio.

La curva de supervivencia de las plántulas de *Pachycereus weberi* de acuerdo a Pearl (1928) (citado por Krebs, 1985) corresponde a la de tipo III (Figura 4.1). Esta curva se caracteriza porque la mayor mortalidad de las plántulas se presenta en los primeros meses de vida y posteriormente un periodo de muertes menos abundantes pero relativamente constantes. Al final de Febrero a Marzo la supervivencia se redujo significativamente a un 29 % del total de individuos encontrados al inicio del estudio; al final el porcentaje de supervivencia disminuyó hasta obtenerse solamente el 4 %.

En la etapa de plántula las especies enfrentan diferentes presiones de selección, lo cual representa una elevada tasa de mortalidad, lo que es común de la demografía de plántulas de especies arbóreas (Collins y Good, 1987; Shibata y Nakashizuka, 1995). Gibson y Nobel (1986) mencionan que la reproducción de cactáceas en condiciones naturales generalmente tiene tasas de crecimiento muy bajas. Los ciclos de vida de estas especies frecuentemente son muy largos y el reclutamiento de nuevos individuos es muy bajo (Jordan y Nobel 1981). Lo anterior concuerda con lo encontrado para *Pachycereus weberi* ya que a pesar de medirse por un periodo corto, en la etapa de plántula se tiene una tasa de crecimiento muy baja y los individuos adultos son de ciclos muy longevos.

La dinámica de las poblaciones de *Carnegiea gigantea* y *Pachycereus pringlei* en el desierto de Sonora y *Neobuxbaumia tetetzo* en el Valle de Tehuacán son similares (Silvertown *et al.*, 1993; Silva, 1996; Godínez-Alvarez *et al.*, 1999). En todos los cactus columnares, la estructura de la población está caracterizada por una disminución monotonía en el número de individuos, su supervivencia se describe con una curva de tipo III, con una alta mortalidad durante la etapa temprana de su ciclo de vida, como sucedió en *Pachycereus weberi*.

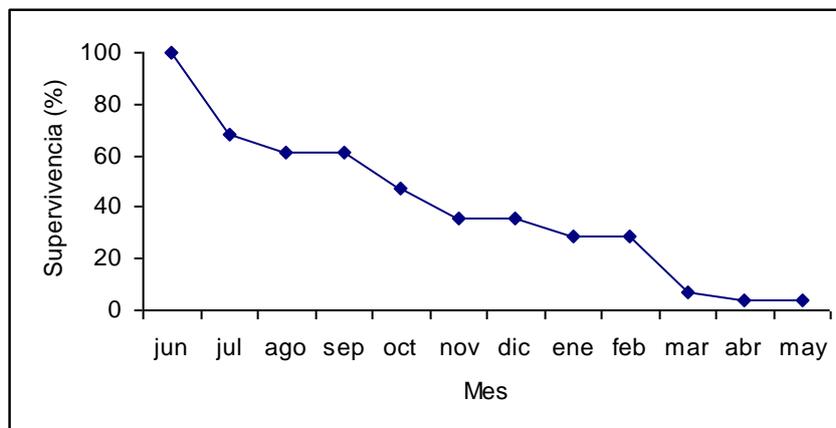


Figura 4.1. Supervivencia de plántulas de *Pachycereus weberi* mayores de un año de edad en Milpillás, Cañada del Zopilote, Guerrero.

La curva de supervivencia en escala logarítmica, muestra una disminución constante desde el mes de Junio hasta Febrero. A partir de Febrero y hasta Abril ocurrió una mortalidad mayor 0.9 hasta finalizar en el mes de Mayo con cero plántulas (Figura 4.2).

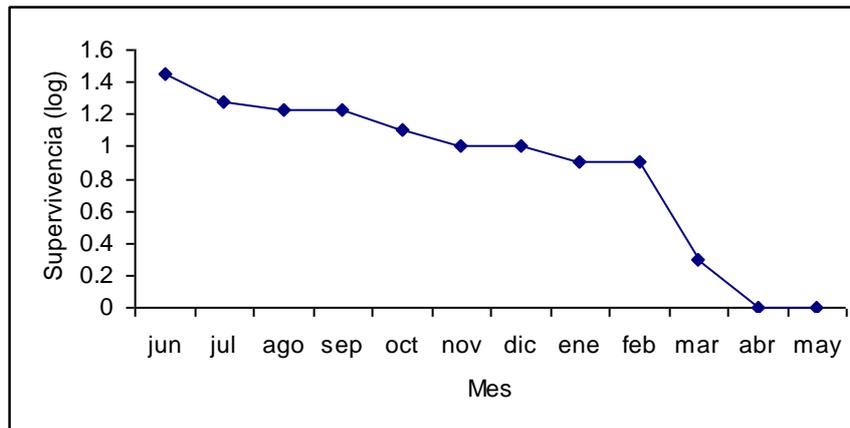


Figura 4.2. Supervivencia en (log) de plántulas de *Pachycereus weberi* mayores de un año de edad en Milpillas, Cañada del Zopilote, Guerrero.

El porcentaje de mortalidad al inicio del periodo de observación, durante los meses de Junio a Julio alcanzó un valor de hasta 32 %. Este porcentaje se mantuvo menos del 10 % hasta Febrero, pero en Marzo volvió a aumentar hasta alcanzar un valor del 21%. Lo anterior refleja una nula sobrevivencia después de un año de observación razón por la cual no se detectaron plántulas en las parcelas de observación donde se analizó la estructura poblacional de *Pachycereus weberi* (Figura 4.3).

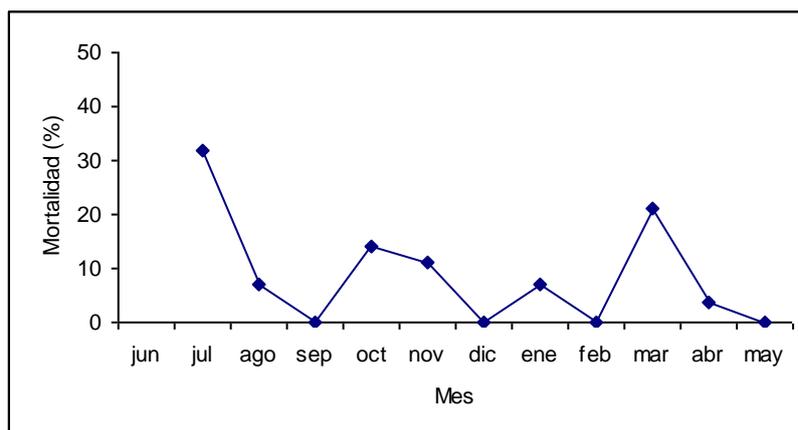


Figura 4.3. Porcentaje de mortalidad de plántulas de *Pachycereus weberi* mayores de un año de edad en Milpillas, Cañada del Zopilote, Guerrero.

4.4.2. Tabla de vida de plántulas de *Pachycereus weberi* de un año

En el (Cuadro 4.2) se presenta la tabla de vida de plántulas de un año. En agosto, emergieron 21 plántulas, de las cuales en Mayo del siguiente año, todas habían muerto. El número de plántulas se mantuvo en 20 hasta Noviembre, mientras que en diciembre se registraron 10 plántulas sobrevivientes, con una mortalidad absoluta de 9 plántulas (índice de mortalidad de qx de 0.47). El mayor índice de mortalidad se registró en el periodo de Febrero a Marzo con 0.77, que corresponde a la mortalidad de 7 plántulas (columna dx). En cuanto a los valores más altos de esperanza media de vida adicional (columna ex) se registró en los periodos de Agosto a Septiembre (4.9 meses) y de Septiembre a Octubre de (4.1 meses). Mientras que los valores más bajos de esperanza media de vida adicional ocurrieron en los periodos de Febrero a Marzo (0.9 meses), y de Abril a Mayo (1 mes) (Cuadro4.2).

Cuadro 4.2. Tabla de esperanza de vida de plántulas de *Pachycereus weberi* de un año en Milpillás, Cañada del Zopilote, Guerrero.

tiempo	n_x	l_x	d_x	q_x	L_x	T_x	e_x
ago	21	1	1	0.04	20.5	102	4.9
sep	20	1	0	0	20	81.5	4.1
oct	20	1	1	0.05	19.5	61.5	3.1
nov	19	0.9	9	0.47	14.5	42	2.2
dic	10	0.5	0	0	10	27.5	2.8
ene	10	0.5	1	0.1	9.5	17.5	1.8
feb	9	0.4	7	0.77	5.5	8	0.9
mar	2	0.1	1	0.5	1.5	2.5	1.3
abr	1	0	0	0	1	1	1
may	1	0	0	0	0	0	0

n_x = Numero de individuos

l_x = Proporción de individuos que sobreviven al inicio del intervalo x

d_x = Número de individuos que mueren durante el intervalo x a $x + 1$

q_x =índice de mortalidad durante el intervalo x a $x + 1$

e_x = Esperanza promedio de vida para los organismos que están vivos al comienzo del periodo de edad x

Pearl (1928) identificó tres tipos generales de curvas de sobrevivencia: Las curvas de tipo I corresponden a poblaciones con pocas muertes a lo largo de la mayor parte del promedio de vida y después muertes numerosas de los organismos de edad avanzada. La curva de supervivencia diagonal (tipo II) se caracteriza por un índice constante de mortalidad, independiente de la edad, mientras que la curva tipo III indican muertes numerosas en los comienzos del ciclo vital, seguidas de un periodo de muertes menos abundantes y relativamente constantes.

La curva de supervivencia de las plántulas de *Pachycereus weberi* de un año de vida (Figura 4.4) de acuerdo a Pearl (1928 citado por Krebs, 1985) corresponde también a la de tipo III, ya que la alta mortalidad no ocurrió inmediatamente después de la emergencia (Figura 4.5). De Agosto a Diciembre la sobrevivencia se mantuvo constante, pero disminuyó drásticamente hasta Abril del siguiente año. La supervivencia en escala logarítmica reporta resultados similares.

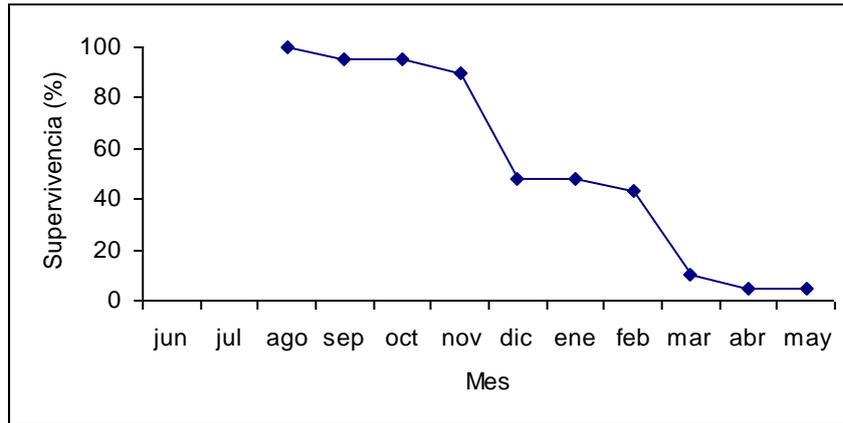


Figura 4.4. Supervivencia de plántulas de *Pachycereus weberi* de un año en Milpillas, Cañada del Zopilote, Guerrero

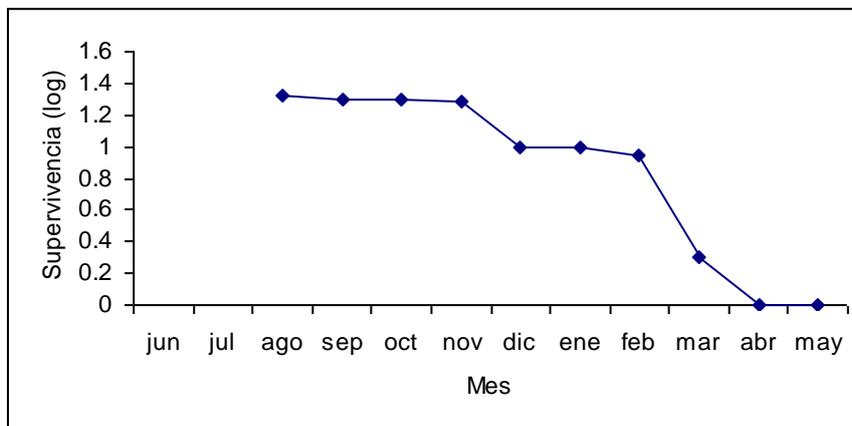


Figura 4.5. Supervivencia (log) de plántulas de *Pachycereus weberi* de un año en Milpillas, Cañada del Zopilote, Guerrero.

Se observaron dos picos de mortalidad durante el periodo de observación, los cuales se presentaron de Noviembre a Diciembre y de Febrero a Marzo (Figura 4.6). En ambos periodos el factor que mayormente influyó principalmente en la mortalidad de plántulas de primer año fue la sequía. Sin embargo, en el segundo periodo la temperatura también jugó un papel importante en el aumento del número de plántulas muertas.

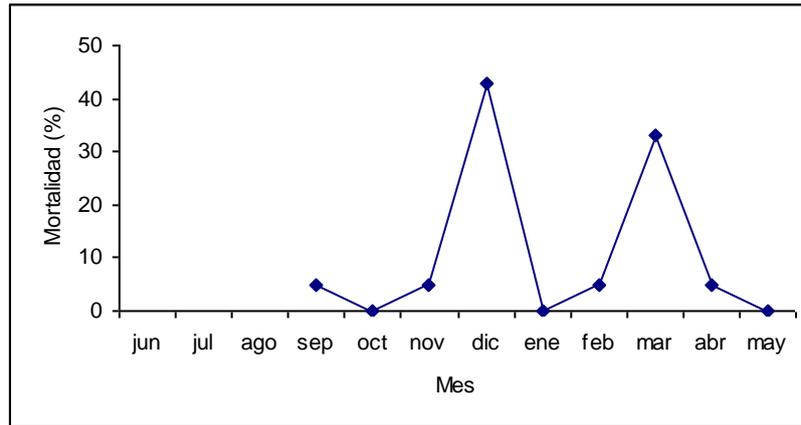


Figura 6. Porcentaje de mortalidad de plántulas de *Pachycereus weberi* de un año de edad en Milpilllas, Cañada del Zopilote, Guerrero.

4.5. Conclusiones

La población de *Pachycereus weberi* en Milpilllas, en su etapa de plántula, estuvo compuesta por dos cohortes, una con individuos de un año y la otra constituida por individuos de más de un año. Sin embargo, en ambas cohortes ninguna plántula sobrevivió hasta el final del periodo de observación.

De acuerdo al análisis de la tabla de vida y sobrevivencia de plántulas, esta especie presenta una curva de supervivencia de tipo III, caracterizada por una alta sobrevivencia durante los primeros meses, seguida por una disminución drástica en el número de individuos vivos. El periodo donde se observó la mayor mortalidad coincidió con la estación de máxima sequía y altas temperaturas, de febrero a abril.

CAPÍTULO V

Conclusiones generales

P. weberi se encontró asociada con especies leñosas como *Acacia tenuifolia*, *Zizyphus mexicana*, *Acacia sp* y *Euphorbia schlestendali*

Los individuos de *P. weberi* en la zona son muy conspicuos llegando a tener 10 m de altura y hasta 80 ramificaciones. El análisis de la estructura de diámetros y alturas presenta un bajo reclutamiento de individuos en etapas intermedias entre juveniles y adultos.

El patrón de distribución espacial para juveniles y adultos fue de forma agregada, y la correlación intraespecífica fue de independencia.

La tasa de supervivencia al final del periodo de observación fue de “cero”, lo que hace pensar que la población de *Pachycereus weberi* en la Cañada del Zopilote se encuentra en serios problemas de permanencia. La especie presentó una curva de supervivencia tipo III, es decir, una disminución gradual pero constante de los individuos, en donde la máxima esperanza de plántulas fue de 5.1 meses en el periodo de observación analizado.

La especie produce altas cantidades de frutos y semillas pero, existe una gran depredación por murciélagos y aves que no le permite una alta germinación de semillas. Por su parte, las plántulas sufren grandes perturbaciones como pisoteo de ganado, viento, arrastre, exposición a altas temperaturas, etc. siendo estas susceptibles a todos estos factores abióticos de que están expuestas. También sufren de enfermedades como pudrición causada por hongos y depredación por insectos y vertebrados.

La población de *Pachycereus weberi* en la Cañada del Zopilote está fuertemente amenazada por la sobreexplotación de sus poblaciones y por el escaso

reclutamiento de individuos a la población. Es urgente la necesidad de proponer medidas de protección para la recuperación de sus poblaciones.

CAPÍTULO VI

Literatura citada

- Aguirre, Z. 2002. Árboles austroecuatorianos útiles poco conocidos. In: Z. Aguirre, J. E. Madsen, E. Cotton & H. Balsley (eds.). Botánica Austroecuatoriana: 351-374. Quito, Editorial Abya Yala.
- Álvarez-Aquino, C. 1997. Estudio poblacional de *Fagus mexicana* Martínez en Acatlán, Veracruz. Tesis de Maestría Instituto de Ecología, Xalapa, Veracruz, México. 81p.
- Álvarez-Buylla, R. E. y M. Martínez-Ramos. 1992. Demography and allometry of *Cecropia obtusifolia*, a neotropical pioneer tree-an evaluation of the climax-pioneer paradigm for tropical rain forest. *Journal of Ecology* 80: 275-290.
- Alvarez-Buylla, E.R. & García-Barrios, R. 1993. Models of Patch Dynamics for Tropical Forests. *Trends in Ecology and Evolution*, 8: 201-204.
- Antos J. A y R. Parish. 2002. Structure and dynamics of a nearly steady-state subalpine forest in south-central British Columbia, Canada. *Oecologia* 130: 126-135.
- Arias, S., S. Gama, and L. U. Guzmán-Cruz. 1997. In: Dávila, P., J. L. Villaseñor, R. Medina and O. Téllez, editors. (eds.). Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán Fascículo 14 Cactaceae. A. L. Juss. Instituto de Biología. Departamento de Botánica. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. Pp. 1-146.
- Arias, S y Terrazas, T. 2006. Análisis cladístico del género *Pachycereus* (Cactaceae) con caracteres morfológicos. Artículo periodístico Vol. 58, N.3. *Brittonia*. Ed. Springer New Cork. Pp.197-216.

- Arriaga, L., J. M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (Coords.)
2000. Regiones Terrestres Prioritarias de México. Comisión Nacional para
el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Ayerde-Lozada, D. y López-Mata, L. 2006. Estructura Poblacional y Parámetros
Demográficos de *Juniperus flaccida* Schltdl. Instituto de Ecología, A. C.
INECOL. Madera y Bosques 12 (2): 65-76.
- Backeberg, C. 1960. Die Cactaceae, Vol. 3. Gustav Fisher-Verlag, Jena.
- Besag, J. 1977. Contribution to the Discussion on Dr. Ripley's Paper. Journal of
the Royal Statistical Society B (39): 193-195.
- Besag, J. y P. J. Diggle. 1977. Simple Monte Carlo Tests for Spatial Pattern.
Applied Statistics. 26: 327-333.
- Bravo, H. 1978. Las cactáceas de México. Vol. I. Universidad Nacional Autónoma
de México. México, D. F. 743. p.
- Britton, N. L. y J. N. Rose. 1920. The Cactaceae. Vol, II, 2a ed. Dover
Publications, Inc. Nueva York. 241 p.
- Camarero, J. J. y E. Gutiérrez. 1999. Estructura, patrón espacial y regeneración
de una población de *Pinus uncinata* Ram. en su límite occidental de
distribución. Zulia 17: 99-153.
- Castillo, O., C. Toledo, M. y M. Blanco. 1983. Estudio de las Cactáceas de la
Cuenca baja del Río Balsas. Serie Técnico Científica. No. 7. Universidad
Autónoma de Guerrero. Chilpancingo, Guerrero. pp.1-35.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de
México, pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para el
Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto de Biología, Universidad

- Nacional Autónoma de México y Agrupación Sierra Madre. México. pp. 443-518.
- Chhetri, P. B. 2004. Structure and composition of mixed conifer forest in western Bhutan. Institute of Forest Ecology. University of Natural Resources and Applied Life Sciences. Viena. 67p.
- Ceccon, E., S. Sánchez, and J. Campo. 2002. Tree sapling dynamics in two tropical dry forests of differing successional status in Yucatán, México: a field experiment with N and P fertilization. *Plant Ecology*. 277-285.
- CFE. 1987. Boletín climatológico. Comisión Federal de Electricidad. No 17. Años, 1981 -1985.
- Collins, S. L. y R. E. Good. 1987. The seedling regeneration niche: habitat structure of tree seedling in an oak-pine forest. *Oikos* 48: 89-98.
- Contreras, M. 2000. Dinámica poblacional de *Mammillaria crucigera* (Cactáceae), una especie rara de la región Tehuacán-Cuicatlán. Tesis de Licenciatura, UNAM, México.
- Cruz-Rodríguez, J. A. y López-Mata L. 2004. Demography of the seedling bank of *Manilkara zapota* (L.) Royen, in a subtropical rain forest of Mexico. *Plant Ecology* 172: 227-235.
- Cullen, L. E., G. H. Stewart, R. P. Duncan y J. G. Palmer. 2001. Disturbance and climate warming influences on New Zealand *Nothofagus* tree-line population dynamics. *Journal of Ecology* 89:1061-1071.
- Curtis, J. T., McIntosh R. P. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32: 476 – 496.

- Deevey, E. S., Jr. 1947. Life Tables for Natural Populations of Animals. Quart. Rev. Entomol. 22: 283-314.
- Del Amo, S. 1985. Algunos aspectos de la influencia de la luz sobre el crecimiento de estados juveniles de especies primarias. (INIREB) Investigaciones sobre la regeneración de Selvas Altas en Veracruz, México. Vol. II. Editores. Arturo Gómez- Pompa, Silvia del Amo R. Editorial Alhambra Mexicana, S. A. de C. V. Pp.79-91.
- Diario Oficial de la Federación. 1994. Tomo CDLXXVIII, núm.10. Norma Oficial Mexicana NOM-059-Ecol-1994, México.
- Ezcurra, E. R de A. 1997. Patrones biogeográficos de las cactáceas columnares de México. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ecología, Campus Morelia. 14 p.
- Gama, L. S. 1994. Análisis morfológico y cariológico de *Pachycereus weberi* (J. Coulter) Backeb. *Pachycereus aff. weberi* (J. Coulter) Backeb. (Cactacea). Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias UNAM. México DF.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen 3ª ed. (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 246 p.
- Gibson, and K. E. Horak. 1978. Systematic anatomy and phylogeny of Mexican columnar cacto. Annals of the Missouri Botanical Garden 65: 999-1057.
- Gibson, A. y P. Nobel. 1986. The cactus primer. Harvard Univ. Press, Cambridge, Massachussets. 286 p.

- Godínez-Álvarez, H., A. Valiente-Banuet, and B. L. Valiente. 1999. The role of biotic interactions in the population dynamics of the long-lived columnar cactus *Neobuxbaumia tetetzo* in the Tehuacan Valley. *Canadian Journal of Botany* 77:203-8.
- Godínez-Álvarez, H. 2003. Demographic Trends in the Cactaceae. *The Botanical. The New Cork Botanical Garden. Review* 69(2): 173-203.
- Godínez-Ibarra, O. 2007. Dinámica de la regeneración de *Fagus grandifolia* Ehrh. Subs. *mexicana* (Martínez). E. Murray en La Mojonera, Zacualtipán, Hidalgo. Tesis Doctorado en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México. pp. 94 p.
- González-Astorga, J. y Núñez-Farfán J. 2000. Variable demography in relation to germination time in the annual plant *Tagetes micrantha* Cav. (Asteraceae). *Plant Ecology* 151: 235-259.
- Goudie, A. 1993. The human impact on the natural environment. Blackwell Science, Oxford, United Kingdom. 454 p.
- Grubb, P. J. 1977. The maintenance of species-richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. *Biol. Rev.* 52:107-145.
- Gual, D. M. 1995. Cañón del Zopilote (área Venta Vieja). In: N. Diego-Pérez y R. Ma. Fonseca (eds). *Estudios florísticos en Guerrero*. Prensa de la Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F. 39 p.
- Guzmán, U y V. P. Dávila. 2003. Catálogo de Cactáceas Mexicanas. *Gardening*. pp. 315.
- Harper, J. L. y J. White. 1974. The demography of plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 5: 419-463.

- Harper, J. 1977. Population Biology of plants. Academic Press, New York. 892p.
- Hernández, H. M. y A. H. Godínez, 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. Acta Botánica Mexicana. Instituto de Biología, UNAM. 26: 33-52.
- Hirayama, K. and M. Sakimoto. 2003. Regeneration of *Cryptomeria japonica* on a sloping topography in a cool-temperate mixed forest in the snowy region of Japon. Can. J. For. Res. 33: 543-551.
- Hutchings, M. J. 1997. The Structure of Plant Populations. En: Crawley MJ (ed) Plant Ecology: 325-358.
- INEGI. 1984. Carta Topográfica 1:50 000. Xochipala E14C18. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.
- INEGI. 1991. Carta Geológica.1:250 000.Chilpancingo E14-8. Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática.
- Jarillo-Hernández, M. 2006. Estructura, distribución espacial y regeneración de *Fagus grandifolia* Subs. mexicana en La Mojonera, Zacualtipán, Hidalgo. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. pp.1-54.
- Jordan, W. P. y P. Nobel. 1981. Seedling establishment of *Ferocactus acanthodes* in relation to drought. Ecology 62: 901-906.
- Kearns, C. A., D. W. Inouye and N. M. Waser. 1998. Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. Annual Review of Ecology and Systematic 29: 83-112.

- Krebs, J. C. 1985. Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia. Segunda Edición. Instituto Ecológico de Recursos Animales. Universidad de Columbia Británica. Capítulo 10. p. 165-197.
- Larrea-Alcázar, D. M. y P. J. Soriano. 2008. Columnar cacti-shrub relationships in an Andean semiarid valley in western Venezuela. *Plant Ecology* 196: 153-161.
- Larrea-Alcázar, D. M. J. J. Murillo. C. J. Figueredo and P. J. Soriano. 2008. Spatial associations between two globose cacti and two dominant mimosoid bushes in a tropical semiarid enclave. *Ecotropicos* 21(2):97-105.
- López-Villavicencio, M. 1999. Dinámica poblacional de *Mammillaria magnimamma* en la Reserva del Pedregal de San Ángel. Tesis de Maestría. UNAM, México, D. F. 96 p.
- López-Gijón, G. 2007. Estructura y distribución espacial de un bosque de *Pinus chiapensis* en la Sierra Sur de Oaxaca. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. De México. 88 p.
- Lotwick, H. W. and B. W. Silverman. 1982. Methods for analysing spatial processes of several types of points. *J. R. Stat. Soc., London. Series B* 44: 403-413.
- Luna-Morales, C. del C. y Aguirre, 2001. Clasificación tradicional, aprovechamiento y distribución ecológica de la Pitaya Mixteca en México. *Interciencia*, 26.001. 18-24.
- Mandujano-Sánchez, M. C. 1995. Establecimiento por semilla y propagación vegetativa de *Opuntia rastrera* en dos ambientes contrastantes en la

- reserva de la biósfera de Mapimí, Durango. Tesis de Doctorado, Centro de Ecología, UNAM, México.
- Martínez-Ramos, M. 1985. Claros, ciclos vitales de los árboles tropicales y regeneración natural de selvas altas perennifolias en Veracruz. INIREB. México.pp.191-240.
- Martínez-Ramos, M. & Álvarez-Buylla, E. 1995. Seed Dispersal and Patch Dynamics: a Demographic Approach. *Ecoscience* 2: 223-229.
- Marquez, E. 2000. Curso de Biología de Poblaciones y Evolución. Tema 2: Disposición Espacial.
- Marriott, F. H. C. 1979. Barnard's Monte Carlo tests: how many simulations? *Applied Statistics*, 28: 75, 77.
- Morillo, J & S Matteucci. 1999. Biodiversidad y fragmentación de los bosques en la Argentina. En: Matteucci S, O Solbrig, J Morello & G Halffter (eds) *Biodiversidad y uso de la tierra: conceptos y ejemplos de Latinoamérica* 463-498.
- Niering, W. A., R. H. Whittaker y C. H. Lowe. 1963. The saguaro: a population in relation to environment. *Science* 142: 15-23.
- Nova-Muñoz, E. 2010. Estructura y distribución espacial de *Neobuxbaumia mezcalaensis* (Bravo) Backeb., en la Cañada del Zopilote, Guerrero. Tesis de Maestría, Postgrado Forestal, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. (datos no publicados).
- Noble, I. R. and R. Dirzo. 1997. Forest as human-dominated ecosystems. *Science* 277: 522-525.

- Padilla, S. 1996. Demografía y dinámica poblacional de *Acropora palmata* en Quintana Roo, México. Tesis de Doctor en Ciencias, UNAM, México, D. F.
- Pardo, B. O. 2002. Etnobotánica de algunas cactáceas y suculentas del Perú. Revista chilena de flora y vegetación, Vía Vito Bering 16/2. 00154 Roma, Italia. Año 5. No. 1.
- Pearl, R., 1928. The Rate of Living, Being an Account of Some Experimental Studies on the Biology of Life Duration. A. A. Knopf, New York.
- Pielou, E. C. 1977. Mathematical ecology. Wiley, New York. 385 p.
- Reyes Olivas, A., E. García-Moya y L. López-Mata. 2002. Cacti-shrub interactions in the coastal desert of northern Sinaloa, México. Journal of Arid Environments 52: 431-445.
- Ripley, B. 1977. Modelling spatial patterns (with discussion). Journal of the Royal Statistical Society B39: 172-212.
- Shibata, M. y Nakashizuka, T. 1995. Seed and seedling demography of four co-occurring *Carpinus* species in a temperate deciduous forest. Ecology 76: 099-1108.
- Silva, P. C. 1996. Demografía comparativa de *Pachycereus pringlei* en dos unidades geomórficas contrastantes del paisaje en Baja California Sur, México. M.Sc. Thesis. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.
- Silvertown, J. W., M. Franco, I. Pisanty, and A. Mendoza. 1993. Comparative plant demography: relative importance of the life-cycle components to the finite rate of increase in woody and herbaceous perennials. Journal of Ecology 81:465-76.

- Terrazas, T. y Loza-Cornejo S. 2002. Phylogenetic relationships of Pachycereae a cladistic analysis based on anatomical morphological data. En: Fleming T. H. y Valiente-Banuet A. (eds.), Evolution, ecology, and conservation of the columnar cacti and their mutualists Arizona University Press. E.E.U.U. Pp.66-86.
- Terrazas, T. y Loza Cornejo, S. 2003. Anatomía de la Madera y Alometría de Veinte Especies de *Stenocereus* (Cactaceae). Anales del Instituto de Biología, 74 (002), 195-208.
- Turner, R. M., S. M. Alcorn, G. Olin y J. A. Booth. 1966. The influence of shade, soil, and water on saguaro seedling establishment. Botanical Gazette 127: 95-102.
- Turner, R. M., S. M. alcorn y G. Olin. 1969. Mortality of transplanted saguaro seedlings. Ecology 50: 835-844.
- Valiente-Banuet, A., and E. Ezcurra. 1991. Shade as a cause of the association between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse plant *Mimosa luisana* in the Tehuacan Valley, Mexico. J. Ecol. 79: 961-971.
- Valiente-Banuet A. M. C. Arizmendi, A. Rojas-Martínez and L. Domínguez-Canseco. 1996. Ecological relationships between columnar cacti and nectar feeding bats in Mexico. Journal of Tropical Ecology 103-119.
- Valiente-Banuet A., A. Rojas-Martínez, M. C. Arizmendi and P. Dávila. 1997a. Pollination biology of two columnar cacto (*Neobuxbaumia mezcalaensis* and *Neobuxbaumia macrocephala*) in the Tehuacan Valle central Mexico. American Journal of Botany 84:452-455.

- Valiente-Banuet A., A. Rojas-Martínez, A. Casas, M. C. Arizmendi and P. Dávila. 1997b. Pollination biology of two winter-blooming giant columnar cactus in the Tehuacan Valley, central Mexico. *Journal of Arid Environments* 37: 331-341.
- Vilchis-Anaya, E. 2000. Estudio poblacional por edades de *Neobuxbaumia macrocephala* (Cactaceae) en Zapotitlán Salinas. Puebla. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.
- Villaseñor, J. L. 2003. Diversidad y distribución de las magnoliophyta de México. *Interciencia*, Vol. 28:160-166.
- Zenteno-Ruiz, F. R., R. P. López y D. M. Larrea-Alcázar. 2009. Patrones de distribución espacial de *Parodia maassii* (Heese) A. Berger (Cactaceae) en un semidesierto de los Andes subtropicales, la Prepuna. *Ecología en Bolivia* 44(2):17-26.