

Informe final* del Proyecto R122
Aspectos demográficos de Echinocereus pulchellus var. pulchellus (Cactaceae) en el
municipio de Chignahuapan, Puebla

Responsable: M en C. Ma. del Carmen Navarro Carbajal

Institución: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Escuela de Biología
Laboratorio de Ecología Vegetal

Dirección: Edif 76, Cd. Universitaria, Av San Claudio y Blvd Valsequillo, San Manuel, Puebla, Pue, 72570 , México

Correo electrónico: mcnavarr@cen.buap.mx

Teléfono/Fax: 01(22)44 9680

Fecha de inicio: Septiembre 30, 1998

Fecha de término: Octubre 20, 1999

Principales resultados: Informe final, Hoja de cálculo

Forma de citar el informe final y otros resultados:** Navarro Carvajal M de C., 2001. Aspectos demográficos de Echinocereus pulchellus var. pulchellus (Cactaceae) en el municipio de Chignahuapan, Puebla. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla Escuela de Biología. **Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. R122.** México D. F.

Forma de citar hoja de cálculo Navarro Carvajal M de C., 2001. Aspectos demográficos de Echinocereus pulchellus var. pulchellus (Cactaceae) en el municipio de Chignahuapan, Puebla. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla Escuela de Biología. **Hoja de cálculo SNIB-CONABIO proyecto No. R122.** México D. F.

Resumen: México es el país con mayor cantidad de cactáceas, siendo el 80% de ellas endémicas. Sin embargo, también es el país con mayor número de especies bajo riesgo de extinción. Lo anterior se pone de manifiesto en la población Echinocereus pulchellus (Mart.) K. Schum. var pulchellus, que se localiza en el cerro de Coacoyunga, municipio de Chignahuapan, Puebla en el que el deterioro del hábitat esta ocasionando daño a los individuos de la población. Los estudios de tipo ecológico acerca de esta especie son inexistentes por lo que se considera urgente realizarlos. El objetivo del presente trabajo es describir las características del ciclo de vida y la demografía de la especie en el sitio dado que se encuentra en peligro de desaparecer debido a la extracción de material para construcción. Para cumplir con el objetivo planteado se estimará el tamaño actual de la población y se describirá la estructura de tamaños, los patrones de establecimiento, crecimiento y sobrevivencia para los individuos pertenecientes a la población en estudio; además de evaluar la germinación y emergencia plantular. Esta información nos permitirá tener una buena descripción del estado actual de la población en el sitio de estudio.

• * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx

-
- ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

Aspectos demográficos de *Echinocereus pulchellus* var. *pulchellus* en el Municipio de Chignahuapan Puebla.

INTRODUCCIÓN

En nuestro país dentro existen 66 géneros y alrededor de 850 especies de la familia Cactaceae, siendo alrededor del 80 % de ellas endémicas, lo que convierte a México en el país de mayor riqueza a nivel específico para este grupo; sin embargo, también es el país con mayor número de especies bajo riesgo de extinción (Reyes 1994).

En México se carece de estudios ecológicos para la mayoría de las especies de cactáceas, de hecho, para la mayoría de ellas solo se cuenta con su descripción taxonómica. Esta falta de información se vuelve crítica ya que en muchos casos estas especies están siendo víctima de una explotación excesiva o una destrucción de su hábitat lo cual ha traído consigo que sus poblaciones se vean amenazadas, incluso de extinción. Tal es el caso de *Echinocereus pulchellus* cuyos individuos han sido utilizados indiscriminadamente como plantas de ornato por coleccionistas, y cuyas poblaciones se han visto afectadas por el crecimiento urbano lo cual ha ocasionado una restricción de su hábitat.

La especie *Echinocereus pulchellus* (Mart.) K. Schum. var. *pulchellus* se encuentra catalogada como especie amenazada en la Norma Ecológica (NOM - 059, 1994), en particular, la población que se encuentra en el Cerro de Coacoyunga, está sujeta a una fuerte presión ya que además de haber sido desmontado el cerro donde habita, se han sembrado Eucaliptos y por si esto fuera poco, también se está extrayendo tezontle. Considerando lo anterior resulta necesario conocer algunas características básicas del ciclo de vida de la especie, como su fenología reproductiva, así como el estado actual de su población para tener información demográfica que permita sustentar propuestas para su conservación.

ANTECEDENTES

El género *Echinocereus* comprende cactus muy espinosos de Norte América generalmente llamados "cacto erizo". Las especies de este género por lo general emiten brotes que a su vez se arraigan formando grupos numerosos.

Dentro del género se encuentran tres variedades: var. *pulchellus*, var. *weinbergii* y la var. *sharpii* (Taylor 1989). Sotomayor 1999 menciona a la var. *pulchellus* como la más conocida fue encontrada en San Luis Potosí en dos localidades una en el municipio de San Luis Potosí y otra en el municipio de Villa Arriaga. De acuerdo a lo registrado por este mismo autor, la situación de la población en la primera localidad la cataloga como vulnerable pues señala que las zonas aledañas son sujetas a cultivo, que puede extenderse a la localidad, mientras en la segunda localidad considera que la especie se encuentra amenazada pues se localiza en un área entre cultivos de maíz y frijol.

Echinocereus pulchellus (Martius) Schumann es una especie que se encuentra catalogada como amenazada en la NOM - 059 - ECOL - 1994, sus poblaciones se encuentran reducidas por las alteraciones directas causadas por el hombre.

Cabe señalar que Meyrán (1963) cita que la especie fue colec *arfa* una sola ocasión en Cañada Morelos y que probablemente ya se haya extinguido del Valle de Tehuacán.

Dentro de los pocos estudios poblacionales que se han realizado en México con cactáceas se encuentran los relacionados con cactáceas columnares particularmente en el Valle de Tehuacán (Casas et al., 1999), en el valle de Zapotitlán (Esparza y cols 1997), en el desierto de Sonora (Silva C. y A. Valiente 1997) y en la Península de Yucatán (Mendez M. y R. Durán 1997). Para el caso de cactáceas globulares como las del género *Mammillaria* se encuentra un estudio realizado para la especie *pectinifera* (Peters E.M., S. Arizaga y E. Ezcurra 1997) y otro para la misma especie pero en el Valle de Zapotitlán (Zavala y cols. 1997).

Dentro de los trabajos que se han realizado para el género *Echinocereus* se encuentran una revisión taxonómica. Taylor (1989) y datos generales sobre polinizadores y pigmentos para algunas especies en el que no se incluye a *pulchellus*. Miller (1988).

Para la especie *Echinocereus pulchellus* (Martius) Schumann, al igual que para muchas otras especies de Cactáceas, el conocimiento que se tiene de ellas es escaso ya que sólo se cuenta con la información acerca de la descripción taxonómica.

Para la variedad de la especie que nos ocupa se tiene sólo la descripción taxonómica, la cual se señala a continuación.

Echinocereus pulchellus (Mart.) K. Schum. var. *pulchellus*. (Arias, Gama y Guzmán, 1997)

Plantas generalmente simples. Tallos 2,5-13.0 cm de ancho, globoso o subglobosos., verde oscuros a verde grisáceos, base anchamente tuberosa; costillas 9-17, 1.0-5.0 mm altura, obtusas, ligeramente tuberculadas; aréolas distantes entre sí 4.0-8.0 cm ancho en anthesis, infundibuliformes; pericarpelo y tubo receptacular 0.8-2,5 cm largo, aciculares, pardo claras; tépalos en 2 ó 3 series poco evidentes, 1.5-3.0 cm largo, 0.3-1.0 cm ancho, lineares a lanceolados, ápice acuminado, verdes con una franja media rosa, púrpura o blanca. Frutos ca. 1.0 cm largo, casi globosos, pulpa ligeramente jugosa; semillas 1,5-2,0 mm largo, piriformes, negras.

Distribución: Especie endémica de México, se encuentra en los estados de Aguascalientes, Nuevo León, Oaxaca, Puebla Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas. Aguirre Benavides cita esta variedad en Chignahuapan Puebla. (Bravo y Sánchez) 1993.

Meyrán (1969) la señala en Puebla (cerca de Cañada Morelos) sin embargo a la fecha no se ha encontrado ni existe ejemplar de herbario que corrobore su presencia.

Hunt (1999), establece que las variedades del género *Echinocereus* deben ser consideradas como subespecies, dadas las diferencias que se observan entre las plantas pertenecientes a ellas.

Es evidente entonces que para el caso *Echinocereus pulchellus* (Mart.) K. Schum var. *pulchellus*, no se tienen datos suficientes que nos permitan describir sus características de ciclo de vida, ni una descripción mínima de sus atributos demográficos.

Considerando lo anterior resulta particularmente importante realizar estudios que nos permitan conocer tales aspectos ya que con los datos obtenidos se podrían implementar medidas que nos permitan preservar a la especie

OBJETIVOS

Objetivo General: Describir las características del ciclo de vida y algunos aspectos demográficos de *Echinocereus pulchellus* (Mart.) K. Schum, spp. *pulchellus* en una población ubicada en el cerro de Coacoyunga, Municipio de Chignahuapan, Puebla

Objetivos Particulares

- 1) Determinar la densidad poblacional de la especie en el área estudiada.
- 2) Determinar la estructura de tamaños
- 3) Describir la fenología de la especie.
- 4) Describir el patrón reproductivo, mediante la evaluación del número de flores, frutos y semillas producidas por planta.
- 5) Evaluar la germinación y emergencia plantular de semillas colectadas de individuos pertenecientes a la población en estudio.
- 6) Describir los patrones de establecimiento, sobrevivencia y crecimiento para los individuos pertenecientes a la población en estudio.

METODOLOGÍA

El presente trabajo se realizó cabo durante el período de febrero de 1998 a septiembre de 1999.

I.- Area de Estudio.

El sitio de estudio se encuentra ubicado aproximadamente a 4 Km al SE de la cabecera municipal del municipio de Chignahuapan. A 19° 48' 16" de latitud Norte y a 98° 01'56" de longitud Oeste. La altitud oscila entre 2435 a 2483 m.s.n.m. El clima pertenece al Templado subhúmedo con lluvias en verano de humedad media C(w,), con una temperatura media anual de 13.6° y con una precipitación media anual de 744.5 mm(INEGI 1995).

11.-Estado de la población y Fenología.

Con el objeto de tener conocimiento del ciclo de vida de la especie y del estado actual de la población en la localidad de estudio se llevo a cabo lo siguiente:

Para determinar la densidad, crecimiento y sobrevivencia de los individuos en septiembre de 1998 se ubicaron 18 cuadrantes permanentes de 10 x 5 m, distribuidos de manera sistemática en ambas laderas del ceno. Cada cuadro estaba delimitado con cuatro

estacas y cordel; el área total muestreada fue de aproximadamente de 900 metros cuadrados.

En cada cuadro se realizó un censo mediante el conteo de los individuos; con esta información se estimó la densidad poblacional. Los individuos censados en los cuadrantes se marcaron con etiquetas de aluminio asignándoles a cada una un número; el cual sirvió como referencia para la identificación de los mismos durante el periodo de estudio.

Para conocer la estructura de la población, los individuos marcados se clasificaron en cuatro categorías de tamaño en función del ancho del tallo: plántulas (0-1.2cm.), juveniles (1.3 - 2.4cm), maduros (2.5cm-3.9cm), adultos(3.9 cm). En el marcaje de las plantas se consideró a cada tallo como un individuo (independientemente de si pertenecía a plantas que presentaban varios tallos o a plantas de tallos solitarios).

Para evaluar el crecimiento de las plantas a todos los individuos de los cuadros a excepción del 5, 6 y 12 donde sólo se seleccionaron al azar 30 individuos de la categoría más abundante y todos los de las otras categorías; se les marco con pintura la última aréola, y cada tres meses aproximadamente durante un año se registró el número de aréolas nuevas que presentaban. Teniendo en total 725 individuos marcados.

Para describir la fenología reproductiva de las plantas, se realizó un registro del número de flores y del número de frutos producidos por individuo censado dentro de cada uno de los cuadrantes. Para estimar el número promedio de semillas que se producen por planta en julio de 1999 se colectaron al azar 38 frutos a los que se les determinó el número de semillas que contenía cada uno. Con objeto de evaluar el establecimiento natural de individuos, cuando concluyeron las lluvias se ubicaron al azar tres cuadrantes de 5x5m. donde se registro el número de plántulas establecidas.

III.- Pruebas de Germinación

Las pruebas de germinación se realizaron con semillas obtenidas de frutos colectados en julio de 1988. Previos a los experimentos en campo se realizaron algunas pruebas que se detallan a continuación.

a) Pruebas de germinación en laboratorio y en invernadero.

Para evaluar el posible efecto del sustrato en la germinación de las semillas se realizaron pruebas con dos sustratos diferentes. Uno que contenía la mezcla común (Bentonita cálica y arena sílica en partes iguales) y el otro (sustrato natural del hábitat).

Para dichas pruebas se utilizaron charolas de polipropileno expandido (unicel) que contenían el sustrato previamente esterilizado colocando en cada una 100 semillas a una distancia de 1.5 cm cada una (Reyes 1994), una vez sembradas se regaban por capilaridad con agua destilada a intervalos de 48 horas con el objeto de evitar la acumulación de sales; y se cubrieron con plástico transparente para evitar la excesiva evaporación. Las charolas se colocaron en dos condiciones distintas, invernadero y laboratorio donde se instalaron las charolas en una caja forrada de plástico de invernadero y equipada con 6 focos de 25 Watts con la finalidad de mantener las semillas a una temperatura de 27 a 30°C. En cada condición se pusieron cuatro charolas que se revisaban diariamente para registrar la germinación de las semillas y la sobrevivencia de las plántulas.

Para el registro de las observaciones se considero a la germinación cuando la radícula emergió de la testa.

b) Pruebas de germinación en campo.

En este experimento se evaluó tanto la germinación en condiciones naturales como el posible efecto de depredadores de semillas y/o plántulas. En septiembre de 1998 se realizó un ensayo preliminar donde se colocaron al azar 8 charolas de germinación de 30 x 30 cm. con sustrato del hábitat natural, en las que se sembraron 25 semillas cada una a una distancia de 5 cm., cubiertas con una capa de suelo de aproximadamente 1.0-1.5 mm. Los tratamientos empleados fueron:

Tratamiento 1:

Exclusión de depredadores vertebrados. Las charolas se cubrieron con malla de acero para aislar las semillas contra el ataque de aves y/o mamíferos. Tratamiento 2:

Exclusión de hormigas. Para evitar los posibles ataques por hormigas las charolas fueron rociadas cada quince días con un insecticida de efecto prolongado (Formition).

Tratamiento 3:

Exclusión de depredadores: vertebrados y hormigas. En este caso las charolas con semillas fueron rociadas con insecticida y cubiertas con malla. Testigo

Las charolas con semillas se colocaron sin malla de acero y sin aplicación de insecticida.

En todos los casos se tuvieron dos charolas (réplicas) por tratamiento. El número de semillas germinadas se registró cada quince días durante dos meses.

Las pruebas anteriores volvieron a implementarse en julio de 1999; solo que se tuvieron cuatro charolas (réplicas) por tratamiento y se sembraron 50 semillas en cada una.

El análisis de los datos se realizó por medio de un análisis de varianza, transformando los datos previamente por arco seno de la raíz de la proporción (Steel & Torne, 1985), para cumplir los supuestos de normalidad de la prueba.

Adicionalmente se registró el número de plántulas que lograron establecerse en las charolas. Los datos de la proporción de plántulas establecidas se analizaron de la misma forma que la germinación.

RESULTADOS

Estado de la población.

Una vez ubicados los cuadrantes, se realizó el registro del número de individuos presentes en cada uno de ellos. En dicho registro se encontró que los individuos de la especie sólo se distribuyen en una de las laderas del cerro. Registrándose un total de 963 individuos, de los cuales 836 (86.81%) fueron plantas con un solo tallo (individuales) y los 127 (13.18%) restantes correspondieron con individuos que presentaban varios tallos (clones) La densidad promedio estimada fue de 1.605 ± 0.63 (Media $\pm$ I.C. 95%) plantas/m², considerando solo a los cuadros donde existían plantas.

Estructura de la población

Dentro de los cuadrantes se etiquetaron en total 1184 individuos (tallos). La distribución de los individuos por categoría se muestra en la tabla 1.

Cuadra	No. Plantas	No. Clones	Plántalas	Juveniles	Maduros	Adultos
1	2	2	0	0	1	0
2	61	74	12	3	21	49
3	48	63	11	2	17	42
4	17	20	2	1	4	15
5	122	168	22	34	27	85
6	158	172	10	36	60	62
7	34	36	2	3	16	17
8	88	112	16	2	30	76
9	64	81	7	10	43	25
10	125	142	9	60	36	38
11	108	123	10	50	10	48
12	136	191	26	3	50	122
13	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0
Total	963	1184	127	204	315	580
						85

Tabla 1. - Datos del número de plantas por categoría de tamaño para la población de *Echinocereus pulchellus* var. *pulchellus* en Chignahuapan Puebla.

Como puede observarse en la tabla la presencia de los individuos en los cuadros no fue uniforme, pues en algunos cuadros se registraron más de 100 plantas; mientras que en 6 cuadros no se registraron individuos. Con respecto a las categorías de tamaño el mayor número de plántulas se encontró en el cuadro 10 donde el suelo estaba cubierto con una capa de cal, los cuadros 11, 6 se localizaban en sitios con microtopografía irregular y en los límites del cuadro 5 se encontraba un árbol cercano.

Con los datos anteriores se determinó que el mayor porcentaje de los individuos en la población, pertenecen a los maduros le siguen los juveniles luego las plántulas y finalmente los adultos. (Figura 1).

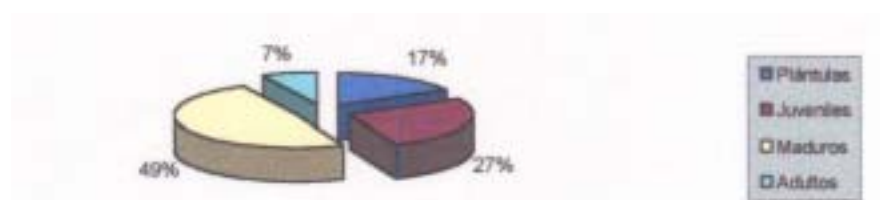


Figura 1. Categorías de tamaño de las plantas de *Echinocereus pulchellus* var. *pulchellus* expresadas como porcentajes en la población de Chignahuapan Puebla.

Crecimiento

En Enero de 1999 se llevo a cabo el primer registro de crecimiento encontrándose que solo el 2.4 % de los individuos del total de la población produjeron nuevas areolas, siendo en todos los casos de una nueva aréola por individuo. El segundo registró se efectuó en Marzo donde no se registró ninguna variación en el número de areolas que presentaban las plantas. En julio se llevó a cabo el tercer registró donde se observo que el 77.36 % de los individuos marcados incrementaron su número de areolas con un crecimiento promedio estimado de $1.8571 + .2876$ (Media + I.C. 95 %)nuevas areolas, finalmente en septiembre en el último registró el promedio fue de $1.10 + .079$ (Media $\pm$ LC. 95 %) nuevas areolas, observando que solo el 66.62% de los individuos crecieron,

El aumento en el número de aréolas en los individuos no fue evidente pues solo incrementaron su número alrededor de 2.9571 nuevas aréolas a lo largo del año; independientemente de la categoría de tamaño a que pertenecían. El periodo en el cual el mayor porcentaje de los individuos incrementaron su número de aréolas ocurrió después de marzo coincidiendo con la época de lluvias.

Sobrevivencia

De los 1184 individuos registrados desaparecieron 126 correspondiendo el mayor número a las plántulas y el menor a los adultos (53 y 7 *respectivamente*). Con respecto a los porcentajes de sobrevivencia (Tabla 2) observados al finalizar el período de muestreo, los de las categorías juvenil, maduro y adulto oscilaron entre 91.5 y 94.2 %; mientras la categoría que registro el menor valor fue la de las plántulas 74 %.

Fecha,	Plán	% Sob.	Juv	% Sob.	Mad	%Sob.	Adul	%Sob.	Total	% Sob.
Oct-98	20	1	315	1	58	1	85	1	1184	1
Ene-99	18	92.6	311	97.8	58	99.8	83	97.6	1163	98.2
Mar-99	18	90.1	311	97.8	56	97.9	82	96.4	1146	96.7
Jul-99	15	75	300	95.2	53	92.2	78	91.7	1067	90.1
04-Sep	15	74	297	94.2	53	91.5	78	91.7	1058	89.3

Tabla 2. - Porcentajes de sobrevivencia para las diferentes categorías de tamaño pertenecientes a la población de *Echinocereus pulchellus* var. *pulchellus* en Chigahuapan Puebla.

En general los porcentajes de sobrevivencia fueron altos; en el caso de las plántulas la mortalidad fue debida a las heladas que se presentaron durante el invierno y a la sequía ocurrida de marzo a julio, en el caso de los individuos juveniles, maduros y adultos la mortalidad estuvo asociada principalmente con el pisoteo por el ganado; sin embargo, en *algunas plantas* en el período de octubre de 1998 a enero de 1999 se observó la aparición de brotes regenerativos en plantas que fueron pisadas o ramoneadas.

Establecimiento de plántulas.

En la última semana de octubre de 1998 una vez que había finalizado la época de lluvias se evaluó el número de plántulas que llegan a establecerse de manera natural en el sitio; encontrándose una densidad promedio de 0.09 plántulas por metro cuadrado. Las plántulas generalmente se localizaron debajo de hojarasca y/o entre los pastos, pues en ambos casos favorecían la creación de micrositios que las protegían de las variaciones ambientales.

En los cuadros que se muestrearon, se encontró un escaso número de plántulas además, de que las pocas que lograron establecerse ya no sobrevivieron hasta la época de secas del año siguiente.

Si hacemos un cálculo de la contribución promedio de plántulas por individuo considerando su fecundidad (No. Frutos/planta x No. Semillas/fruto), la probabilidad de que una semilla no sea comida (Porcentaje de germinación en el tratamiento de exclusión de vertebrados y hormigas), su probabilidad de germinación (Porcentaje de germinación con sustrato natural en laboratorio) y su probabilidad de establecimiento; tenemos que, la contribución promedio aproximada de plántulas por individuo es igual a 0.196; lo cual sugiere, una baja posibilidad de que la población pueda mantenerse debido a que el reclutamiento es escaso y si a esto adicionamos las dificultades que presentan las plántulas de sobrevivir dicha posibilidad se reduce aún más, dado que serían necesarios aproximadamente 5 años para que un individuo produjera una plántula.

Fenología de *Echinocereus pulchellus* var. *pulchellus*.

En la figura 2 se muestran distintas etapas fenológicas ocurridas en los individuos de la población objeto de estudio.



Figura 2. - Etapas fonológicas de *Echinocereus pulchellus* par, pulchellus en el municipio de Chignahuapan Puebla (a) floración en anthesis y (b) fructificación.

Como puede observarse en la figura 3 la mayor parte de los individuos permanecieron en estado vegetativo durante todo el año, y sólo algunos empezaron la etapa de floración a fines de abril de 1998. La floración y fructificación de las plantas no fue de manera sincrónica, en consecuencia se observaron individuos en etapa de floración desde abril y hasta la última semana de junio. Mientras que los frutos inmaduros se observaron desde mayo hasta principios de julio, finalmente los frutos maduros se encontraron durante julio y agosto. En contraste durante 1999 la floración inició en marzo y en consecuencia el inicio de la fructificación ocurrió en abril.

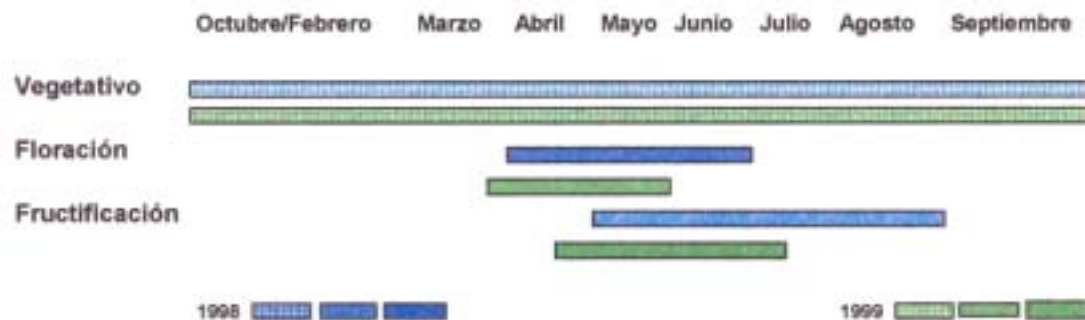


Figura 3.- Fenología de *Echinocereus pulchellus* var. *pulchellus* en la localidad de estudio.

El tiempo en que un individuo presenta flores es de aproximadamente 2 semanas mientras que, la maduración del fruto se lleva a cabo en un tiempo aproximado de 60 días Tomando en cuenta a las categorías de tamaño en la población fueron los individuos maduros los que produjeron el mayor porcentaje de flores y de frutos (71%) del total de flores y frutos registrados en la población. (Figura 4 y 5)

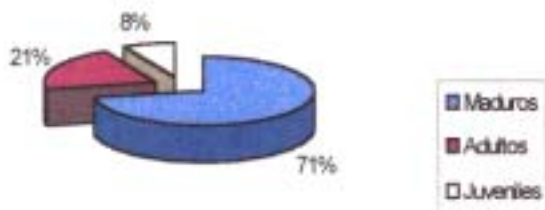


Figura 4.- Número de flores registradas para las diferentes categorías de tamaño en la población en estudio

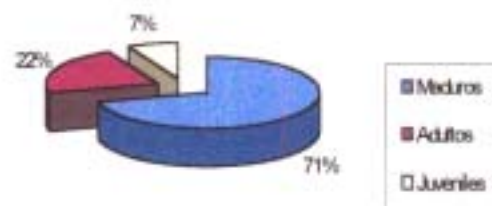


Figura 5.- Número de frutos registrados para las diferentes categorías de tamaño en la población en estudio.

Como puede observarse en la figura 3 la mayor parte de los individuos permanecieron en estado vegetativo durante todo el año, y sólo algunos empezaron la etapa de floración a fines de abril de 1998. La floración y fructificación de las plantas no fue de manera sincrónica, en consecuencia se observaron individuos en etapa de floración desde abril y hasta la última semana de junio. Mientras que los frutos inmaduros se observaron desde mayo hasta principios de julio, finalmente los frutos maduros se encontraron durante julio y agosto. En contraste durante 1999 la floración inició en marzo y en consecuencia el inicio de la fructificación ocurrió en abril.

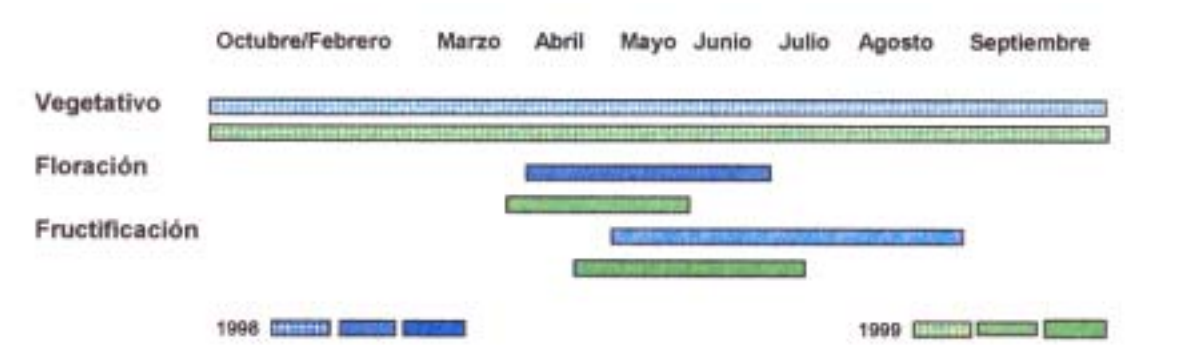


Figura 3.- Fenología de Echinocereus pulchellus par. pulchellus en la localidad de estudio.

El tiempo en que un individuo presenta flores es de aproximadamente 2 semanas mientras que, la maduración del fruto se lleva a cabo en un tiempo aproximado de 60 días Tomando en cuenta a las categorías de tamaño en la población fueron los individuos maduros los que produjeron el mayor porcentaje *de flores* y de frutos (71%) del total de flores y frutos registrados en la población. (Figura 4 y 5)

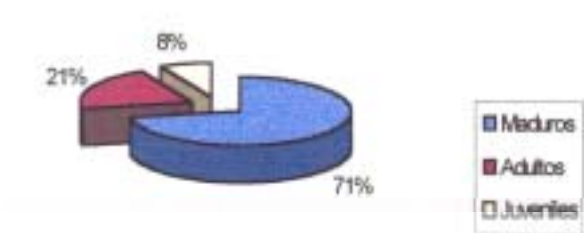


Figura 4.- Número de flores registradas para las diferentes categorías de tamaño en la población en estudio

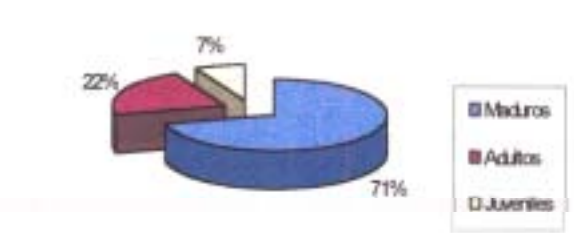


Figura 5.- Número de frutos registrados para las diferentes categorías de tamaño en la población en estudio.

En la tabla 3 se presenta un resumen de los eventos fenológicos registrados en los individuos de la población de *.h chinocereus* en Chignahuapan Puebla. Aquí podemos observar que la media de producción de flores y frutos es un poco mayor de 1 para todas las categorías. Con respecto a los abortos el mayor número corresponde a los botones en los individuos maduros.

				Flores			Frutos		Abortos	
	Número de	Número de	Número	Promedio	Intervalo de confianza	Número	Promedio	intervalo de confianza		
Categoría	Individuos	Botones		por planta	95%		por planta	95%	Botón	Flor
Maduro	569	264	162	1.32	1,18-1.46	148	1.21	1,06-1.35	102	14
Adultos	82	62	47	1.3	1.30 - 2.17	46	1.25	1.25 - 2.07	15	1
Juveniles	311	26	17	1.13	938-1328	15	1	703- 1.29	9	2
Total	962	352				209			126	17

Tabla 3. - Resumen de los eventos fonológicos en los individuos de *Echinocereus pulchellus* var, *pulchellus* en la población ubicada en Chignahuapan Puebla.

A pesar de que la media de producción de flores fue aproximadamente igual con 1, en las tres categorías reproductivas la mayor parte de abortos en botón correspondió con los adultos (75%), seguido de los juveniles (65%) y finalmente los maduros (56%); sin embargo, una vez que se formaron las flores la mayor parte de ellas llegaron a formar frutos (92%), siendo mínimo el número de abortos registrados durante esta etapa fenológica.

En relación con el tamaño de los individuos en la población pudo observarse que el tamaño de los individuos reproductivos osciló entre 2 y 4.7 cm.

Número de semillas por fruto.
El número de semillas encontradas por fruto fue muy variable, el número mínimo registrado fue de 27 y el máximo de 121 semillas con un promedio estimado de 74.277 + 10.144 (Media + L.C. 95 %) semillas por fruto.

Pruebas de germinación en laboratorio e invernadero.
La figura 6 muestra los porcentajes de germinación registrados. Tomando en cuenta el número total de plántulas obtenidas en los distintos tratamientos los mayores porcentajes de germinación correspondieron a las semillas que se colocaron en condiciones de laboratorio tanto para el sustrato artificial (37%) así como para el sustrato natural (31%)

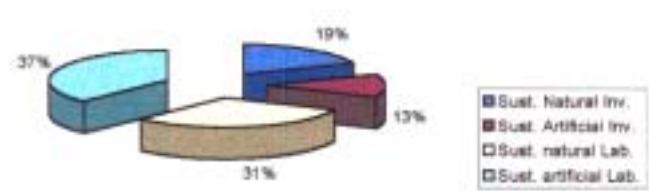


Figura 6- Porcentajes de Germinación para las semillas de *Echinocereus pulchellus* var. *pulchellus* en laboratorio e invernadero.

La figura 7 muestra el número de plántulas que se obtuvieron y el tiempo en que germinaron las semillas para ambos tratamientos en las dos condiciones estudiadas, observándose diferencias en cuanto al tiempo de germinación de las semillas.

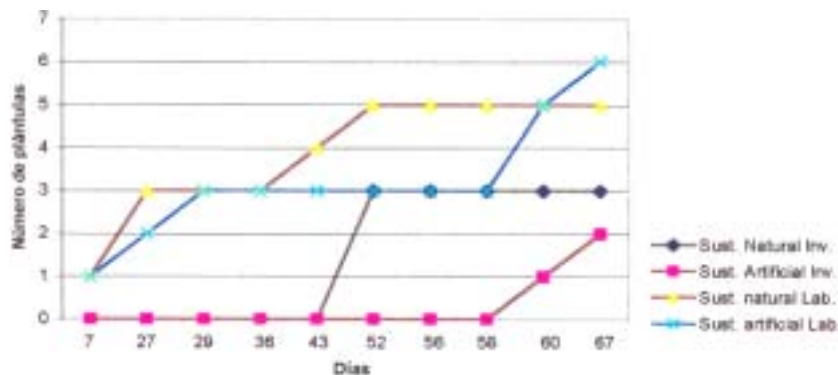


Figura 7.- Número de plántulas de *Echinocereus pulchellus* var. *pulchellus* obtenidas en laboratorio e invernadero

Con los datos de porcentaje de germinación se realizó un análisis de varianza bifactorial previa transformación de los datos para cumplir los supuestos de normalidad, el cual indica que existe diferencia significativa tanto para las condiciones ($F=17.65$, $F<.005$) como para los sustratos ($F = 9.24$, $P<0.05$)

Debido a la falta de luz en el interior del laboratorio, las plántulas estaban sufriendo cambios de color y de forma por lo que se decidió transplantarlas y llevarlas al invernadero para favorecer su crecimiento.

El porcentaje de emergencia plantular que se observó fue de 69.23 %, considerando que de las trece plántulas obtenidas a partir de las pruebas de germinación sólo en 9 de ellas se observó la formación de las primeras aréolas.

Pruebas de germinación y sobrevivencia en campo

En Septiembre de 1998 se realizó el ensayo preliminar de las pruebas de germinación en campo. Una semana después de que se instalaron las charolas, las mallas en las dos réplicas del tratamiento I habían sido removidas; sin embargo, se logró observar lo siguiente: Una semana después de haber sido instaladas las charolas del tratamiento II ya había una plántula mientras que en el testigo y los otros dos tratamientos las plántulas se registraron hasta el día 28. (Figura8)

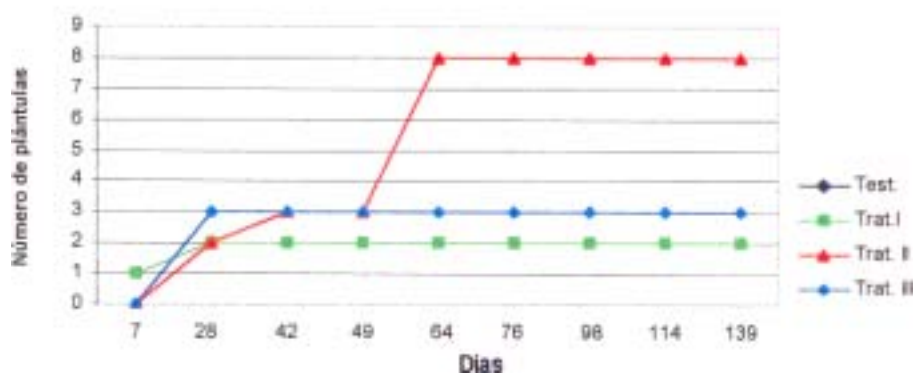


Figura 8.- Número de plántulas de *Echinocereus pulchellus* var. *pulchellus* obtenidas en las pruebas de campo.

El porcentaje más alto de germinación correspondió con el tratamiento 2 (16%). Después de aproximadamente 75 días las plántulas empezaron a morir,

Con los datos anteriores se realizó un análisis de varianza encontrándose que no existen diferencias significativas entre los tratamientos ($F = .919412$, $P = 0.4374$).

En julio de 1999 se establecieron nuevamente las pruebas de germinación en campo utilizando 16 charolas con 50 semillas cada una; de las cuales lamentablemente 8 fueron removidas sin embargo, después de dos meses de haber sido sembradas no se observó la germinación de ninguna semilla.

DISCUSION

La densidad en las poblaciones de cactáceas es variable y aparentemente no depende de la forma de vida de las plantas, ya que para el caso de una cactácea candelabroforme del norte de Yucatán (*Pterocereus gaumeri*) la densidad registrada se encuentra en un intervalo desde $.0205 - .0641 \text{ ind/m}^2$ (Mendez M. y R. Durán, 1997), para una cactácea columnar (*Neobuxbamia macrocephala*) Esparza L. y cols (1997) registran aproximadamente una densidad de $.05 \text{ plantas/m}^2$ que si se compara con la obtenida por

Trejo y Valverde en 1997 para una cactácea globular (*Mammillaria magnimamma*) $.06 \text{ plantas/m}^2$; puede observarse que son semejantes y son pequeñas si se compara con la obtenida para el total de la población de *Echinocereus pulchellus* var. *pulchellus* (1.6 plantas/m^2), y aún comparada con la de las plántulas ($0.09 \text{ plántulas/m}^2$) lo anterior puede explicarse debido a que los individuos en la población pueden formar plantas nuevas por regeneración dado el efecto que ocasiona el pisoteo por el ganado en las plantas en virtud de que los nuevos tallos formados por regeneración rápidamente alcanzan un tamaño que los ubica en la categoría de juvenil o inclusive de maduro.

Al igual que lo registrado para dos especies de *Mammillaria* por Lara y cols (1997) las plantas solo se observaron en los cuadrantes de la ladera con exposición sur y de acuerdo con Barbour et al. 1980. Se ha visto que en general estas laderas presentan una mayor insolación y por lo tanto mayor temperatura en el aire y una menor humedad en el suelo, lo cual podría sugerir que estos serían los requerimientos ambientales para las plantas de *Echinocereus*,

De acuerdo con Odum (1982) quien establece que la estructura por edades constituye una característica importante de la población y que las poblaciones seniles o decadentes se caracterizan por la existencia de altos porcentajes de individuos maduros. Considerando a la población objeto de estudio, su estructura de tamaños refleja que los individuos de las categorías juvenil y maduro constituyen el 76 % del total de la población, existiendo solo un 17% de plántulas, lo cual sugiere que la tasa de crecimiento poblacional podría ser negativa y en consecuencia no existe un reclutamiento constante de individuos en la población

El crecimiento observado en los individuos de la población es lento, considerando que en un año solo producen en promedio 1.85 nuevas aréolas. Por lo que las probabilidades de sobrevivir en una determinada clase de tamaño y pasar a la siguiente es baja, debido a que para que una plántula alcance el tamaño de la categoría de los juveniles necesita sortear más de una temporada de sequía.

León y Domínguez (1991) y Jiménez y García en (1995) señalan que en las poblaciones de *Stenocereus gumosus* y de *Echinocactus platyachantus* que se reproducen principalmente vegetativamente no fue posible observar plántulas desarrollándose en el campo; dicha ausencia esta asociada con la sensibilidad que tienen a la sequedad del

medio. Por su parte Alcántara A. y A. Valiente (1997) encontraron evidencia de que una mayor disponibilidad de humedad en los suelos determina el establecimiento de algunas especies de cactáceas columnares; de acuerdo con lo observado las plántulas de *Echinocereus* se encontraron generalmente cubiertas con hojarasca o pastos lo cual generaba la creación de micrositios con menor exposición a la radiación y en consecuencia con una mayor cantidad de humedad que resultaron favorables para el establecimiento de las mismas; además de que sus porcentajes de sobrevivencia fueron bajos en condiciones de sequía. De tal manera que la severidad del ambiente disminuye si la plántula se ubica en un sitio con microclima favorable que la resguarde durante algunos años mientras alcanza plena autonomía (León y Domínguez 1991).

La respuesta de los patrones fenológicos al medio circundante, no parece ser homogénea en el grupo de las cactáceas (León y Domínguez ,1991) En el saguaro (*Carnegiea gigantea*), Humprey (1975) encontró que la producción de flores disminuye a causa de períodos prolongados de sequía, mientras que para la misma especie Schmidt & Buchman (1986) consideran que la producción floral resulta poco alterada por los niveles de precipitación. En el caso de *Echinocereus* al parecer si existe una respuesta de los patrones fenológicos al medio pues en 1998 cuando se prolongo la época de sequía se retraso la floración y fue más escasa que la de 1999. Se requiere un programa de monitoreo por varios años sobre la producción de botones, flores y frutos que permita conocer los factores y los niveles que afectan el patrón fenológico de la especie.

En relación con el color de las flores pudo observarse una variación en su patrón de coloración, se registraron tres tonalidades distintas (blanca con una franja central magenta, magenta con tonalidades blancas y magenta); las variaciones en el patrón de coloración se señalan para el género Leuck and Miller (1982), Miller (1988) pero en este caso particular la variación en el patrón de coloración se observó en la especie.

Arias. , et al. 1997 señalan que *Echinocereus pulchellus* (Mart.) K. Schum. var. *acanthosetus* florece entre junio y agosto; a diferencia de esta, para la variedad *pulchellus* se encontró que la floración ocurre durante abril y mayo, siendo plena en abril cuando se encontraron el mayor número de flores en antesis.

Considerando que del total de botones producidos por los individuos de la población el 59.37% alcanzó la fase de fruto maduro, este porcentaje es alto si se compara con lo observado para *Pterocereus gaumeri* en donde solo el 4.8% de los botones florales alcanzan la fase de fruto maduro (Mendez M, y R. Durán, 1997) y con *Stenocereus gummosus* donde el 29.64% de los botones alcanzaron la fase de fruto (León y Domínguez,1991) Por lo que podemos pensar que existen diferencias en cuanto a la asignación de recursos para la producción de estructuras reproductivas dentro de las diferentes especies de cactáceas y en particular para el caso de las plantas de *Echinocereus pulchellus* var. *pulchellus* se puede sugerir que la cantidad de recursos invertidos por cada planta para generar estructuras reproductivas fue alta.

Lara y cols en 1997 encontraron que la producción de semillas por fruto en *Mammillaria carnea* (71 y 87.66 semillas/fruto) y para *M. haageana* (entre 21 y 30 semillas/fruto) está relacionada con la cantidad de precipitación, en contraste los individuos de la población producen un mayor número promedio de semillas por fruto (74.27) comparado con el número encontrado en *Mammillaria carnea*; y con respecto a *M. Haageana* el número promedio de semillas resultó ser semejante; al parecer en el caso de *Echinocereus pulchellus* el número de semillas que se producen también está asociado con

la cantidad de lluvia, pues en 1999 hubo una mayor producción de frutos y por lo tanto una mayor cantidad de semillas comparada con el año anterior.

De acuerdo con lo establecido por Taylor(1985), las semillas de *Echinocereus pulchellus* var. *pulchellus* no poseen un mecanismo eficiente de dispersión a grandes distancias debido a que se observó que los frutos producidos por los individuos liberaban sus semillas muy cerca de la planta madre, pues una vez que el fruto maduraba fue posible colectarlas en el sitio con la ayuda de un pincel, encontrándose la mayor parte en la base del tallo de las plantas. Por otro lado las observaciones de campo mostraron que el fruto es consumido por hormigas quienes abren el fruto y las llevan consigo las semillas; tal vez, al igual que para *Stenocereus gummosus* (Leon y Domínguez, 1991) las hormigas sean consumidoras activas de las semillas.

García y cols (1997) Realizaron pruebas de germinación con cuatro especies de cactáceas entre ellas *Echinocereus pectinatus* que fueron tratadas con diferentes químicos para romper el letargo, y con un tratamiento de imbibición con ácido gibérelico al 0.5 obtiene un 80 % de germinación. León y Domínguez (1991) estudiaron la germinación de *Stenocereus gummosus*, y encuentran que las semillas requieren de un lavado de la cubierta arilosa, de escarificación y que el paso a través del tracto digestivo de los consumidores del fruto puede favorecer su germinación. El porcentaje de germinación obtenido para semillas lavadas con agua fue de 22.4% y de 83.2% para semillas recuperadas en excretas. Por otro lado Ruedas M y Ma. T. Valverde (1997) señalan que las semillas de *Mammillaria magnimamma* poseen alta viabilidad y no poseen mecanismos de latencia sofisticados, pues fueron capaces de germinar en condiciones diversas.

De acuerdo con lo anterior se podría sugerir la existencia de algún mecanismo de latencia en las semillas puesto que el número de semillas que germinaron fue escaso. Además de que todas parecían viables y no se sometieron a ningún tratamiento previo que pudiera favorecer su germinación.

CONCLUSIONES

Se estimó un total de 1184 individuos en la población distribuidos en conglomerados en la ladera sur del cerro, con tasas de germinación bajas probablemente por la existencia de algún mecanismo de latencia y un alto grado de mortalidad principalmente en los primeros estadios del ciclo de vida debido a la sequía.

La floración ocurre de abril a mayo y la fructificación de junio a julio; durante la floración se pierden gran cantidad de botones, pero una vez que se forma la flor, es muy probable que se forme un fruto.

En la población de *Echinocereus pulchellus* var. *pulchellus* la depredación de las semillas, la herbivoría y el efecto negativo de algunos factores ambientales como la radiación solar sobre las primeras etapas del ciclo de vida son los principales factores que afectan la dinámica poblacional de la especie y de acuerdo con los bajos índices de reclutamiento y la inminente destrucción de su hábitat se sugiere que la especie debe de ser protegida.

BIBLIOGRAFIA

- Alcántara A. y A. Valiente. 1997. Factores determinantes en la distribución diferencial entre cactáceas columnares en la cuenca de Zapotitlán Salinas, Valle de Tehuacán, Puebla. México. Resúmenes. I Congreso Nacional sobre Cactáceas
- Arias, Gama y Guzmán. 1997. Flora del valle de Tehuacán - Cuicatlán Fasc. 14 Cactaceae [A. L. SUSS. in](#) Dávila, A. P. et al. UNAM. México D.F.
- Barbour M.G., J.H. Burk, and W.D. Pitts. 1980. Terrestrial Plant Ecology. The Benjamin Cummings Publishing Company, Inc. California.
- Began M. & M. Mortimer. 1985. Population Ecology. 4a Edition. Ed. Blackwell Scientific Publications. U.S.A.- Bravo Hollis H. 1978. Las Cactáceas de México. Volumen I. 2da. Edición. Universidad Nacional Autónoma de México; México D.F
- Bravo Hollis H y H. Sánchez- Mejorada 1991. Las Cactáceas de México. Volumen [II. la](#). Edición. Universidad Nacional Autónoma de México; México D.F.
- Casas A. et al. 1999. Reproductive biology and the process of domestication of the columnar cactus *Stenocereus stellatus* in Central Mexico. American Journal of Botany. 86:534.
- Esparza L. y Cols. 1997. Estudio poblacional de *Neobuxbaumia macrocephala* en Zapotitlán de las Salinas, Pue. Resúmenes I Congreso Nacional sobre Cactáceas. México.
- García y Cols. 1997. Germinación de cuatro especies de Cactáceas. Resúmenes. I Congreso Nacional sobre Cactáceas. México
- Humphrey R. 1975. Phenology of selected Sonoran Desert plants at Punta Cirio, Sonora, México. J. Arizona Acad. Sci. 10: 50-57.
- Hunt David, 1999. *CITES Cactaceae* Check list. Ed. 2 Royal Botanical Garden Kew. IOS.PS
- INEGI, 1995. Chignahuapan. Estado de Puebla. Cuaderno estadístico municipal. 1⁸ edición.
- Jiménez C. y Ma. D. García. 1995. Densidad y Estructura Poblacional de *Echinocactus platyacanthus* Link et otto, en el valle de Zapotitlán, Puebla. XIII. Congreso de Botánica. Sociedad Botánica de México.
- Krebs J. Charles. 1985. Estudio de la Distribución y la Abundancia. Universidad de Columbia Británica. 2da Edición. Editorial Harla Mexico D.F.
- Lara A. y Cols. Determinación de eventos reproductivos y del número de individuos en *Mammillaria carnea* y *Mammillaria haageana* (Cactaceae) con respecto al efecto ladera en Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Resúmenes I Congreso Nacional sobre Cactáceas. México
- León J.L. y R. Domínguez. 1991. Evaluación de la reproducción por semilla de la pitaya agria (*Stenocereus gummosus*) en Baja California Sur, México. Acta Botánica Mexicana, 14:75-87.
- Mendez M. y R. Durán 1997. Estudio poblacional de *Pterocereus gaumeri* (Britton & Rose) MacDougall & Miranda, especie endémica y amenazada de la Península de Yucatán. Resúmenes I Congreso Nacional sobre Cactáceas. México.
- Meyrán García Jorge, 1973. Guía Botánica de Cactáceas y otras suculentas del Valle de Tehuacán. Sociedad Mexicana de Cactología A.C. México D.F.

- Miller J. 1988. Floral pigments and Phylogeny in *Echinocereus* (Cactaceae). Systematic botany. American society of plant taxonomists.
- More P.& S. Chapman 1986. Methods in Plant Ecology. 2da Edition. Ed.l Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- Odum E. 1982. Ecología. Interamericana. Tercera Edición. México. D.F.
- Peters E.M., S. Arizaga y E. Ezcurra. 1997. Distribución geográfica y estado actual de las poblaciones de *Mammillaria pectinifera* (Stein)F.A.C. Weber Resúmenes. I Congreso Nacional sobre Cactáceas. México
- Reyes J., 1994. Métodos para propagación de cactáceas mexicanas. Amaranto 7. (2):1-12.
- Ruedas M. y Ma. T. Valverde (1997) Germinación de *Mammillaria magnimamma* bajo diferentes condiciones ambientales Resúmenes. 1 Congreso Nacional sobre Cactáceas - Schmidt J.O. & S.L. Buchman.1986. Floral biology of the saguaro (*Cereus giganteus*), I. Pollen harvest by *Apis mellifera*. Oecología 69: 491-498
- Sigarroa A. 1985. Biometria y Diseña Experimental. la. Parte. Editorial Pueblo y Educación. La Habana Cuba.
- Sotomayor, J. M. 1999. *Echinocereus pulchellus*. Sociedad Potosína de Cactología.
- Steel & Torrie. 1985. Bioestadística Principios y Procedimientos. Mc Graw Hill. Segunda Edición. Bogotá Colombia.
- Taylor N.P.1985. Genus *Echinocereus*. . Editorial Timber Press. Inglaterra.
- Taylor N.P. 1989. Supplementary notes of mexican *Echinocereus* (2) Bradleya -Trejo y Cols. 1997. Patron de Distribución y Abundancia de *Mammillaria magnimamma* en la Reserva del Pedregal de San Angel, México D.F. Resúmenes. I Congreso Nacional sobre Cactáceas
- Tuljapurkar B.& H. Caswell (Eds.). 1997. Structured - Population Models in marine, terrestrial and freshwater system. Chapman & Hall. New York. U.S.A
- Winer B.J. 1971. Statistical Principles in Experimental Design. 2d, de. Mc Graw - Hill, New York.
- Zavala y Cols. 1997. Estudio demográfico de *Mammillaria pectinifera* Weber (Cactaceae) en el Valle de Zapotitlán Puebla. Resúmenes. I Congreso Nacional sobre Cactáceas