



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES CAMPUS IZTACALA

“DISPERSION BIÓTICA DE SEMILLAS DE LA CACTÁCEA COLUMNAR *Stenocereus pruinosus* (Otto) F.BUXB. EN EL VALLE DE TEHUACÁN – PUEBLA, MÉXICO”

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
B I Ó L O G O
P R E S E N T A
OLGA GARCÍA VERA



IZTACALA

Director: Dr. ALFONSO VALIENTE-BANUET



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



## DEDICATORIA

*A MIS PADRES:*

Sara y Francisco

Con todo mi respeto cariño, amor y admiración a quienes les debo gran parte de lo que soy, y por todo su apoyo, comprensión y paciencia.

*A MIS HERMANOS:*

Carmen, Jorge, Maxi, Bertha, Nieves, Laura, Hortensia, Javier, Angel, Francisco, Dulce.

Quienes quiero y respeto por que han sabido salir adelante, y por todo su cariño, apoyo, comprensión y paciencia que siempre me han otorgado.

*A MIS SOBRINOS:*

Oscar, Joanna, Chuchin, Belem, Héctor, Marcos, Diana, Valeria, Lalo, Baruck, Claudia, Jorgito, Max.

Para que este logro lo contemplen como un ejemplo a seguir.

A Blanca, Rocío, Tío Alberto, Yadira, por su gran amistad y brillantes consejos, quienes me impulsaron a seguir adelante y que me ayudaron a alcanzar esta meta.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Dr. Alfonso Valiente Banuet por haber dirigido este estudio y por el apoyo que siempre me ha dado.

A mis sinodales

Dr. Alfonso Valiente Banuet, Dra. María del Coro Arizmendi Arriaga, M.en C. Ernesto Aguirre León, Biól. Antonia Trujillo Hernández, Biól. Gerardo Ortiz Montiel. Por la revisión y comentarios a este estudio.

A Biól. Blanca Prado de manera muy especial por su gran amistad y por toda su ayuda, sus consejos, y por los tantos momentos de alegrías y tristezas que pasamos juntas.

Dr. Alberto E. Rojas Martínez por que siempre esta al pendiente de mí, por su gran amistad y un mil de cosas.

Dr. Rocio José Jacinto por toda su ayuda incondicional y sus grandes consejos.

Dr. Héctor Octavio Godínez Alvarez (Chano) por todos sus comentarios y su ayuda en los análisis estadísticos de los datos.

A M.en C. Mónica Pérez, sus papas, Laura y Soriano por sus visitas y su ayuda desinteresada durante el trabajo de campo y por la compañía, Mónica no que hubiera hecho sin ti en el Cutá.

A todo los del laboratorio que compartí cosa muy agradables y desagradables. Rocio, Chano, Iety Ríos (Chana), Mi tío Alberto, Fofis (Adolfo Vital), Iugui Sortibran, Javier Medina, Pablo, Soriano, Ariel, Noé, Raymundo, Amelia, Rodolfo, Vicente, Liliana.

A la Biól. Margarita de la ENEP Iztacala por su ayuda en los análisis bromatológicos

A Consuelo Barrios (Chelito) de la Biblioteca del Instituto de Ecología por ser una persona tan amable y eficiente.

A Biól. Angelica Estrada por su ayuda y los buenos consejos.

A mis compañeros y amigos: Blanca Prado, Yadira León, Teresa Rodríguez (Tere), Gabriel Gutiérrez, Juan Martínez (juanito el guapo), Rosario Vazquez (Chayo), Angelica Doroteo (Angy), Rene Juarez, Julio Cesar Reyna, Hortensia Santillan, Cristina Almonte (Crisanta), Alejandro Medina, Ana Trujano, Andrea, Gema Ugarte, Jacobo Mendez, Claudia Coronel, Oscar, Georgina, Paco Trujillo, Alvaro Curiel.

A personas muy agradables que conocí en el Vivario-Librado, Felipe, Richard, Josefo, Rosario, Elba, Berenice, Charly.

A todas aquellas personas que en este momento no recuerdo.

# ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINA
RESUMEN .....	1
INTRODUCCIÓN .....	3
OBJETIVOS .....	10
METODOLOGÍA .....	11
Área de estudio .....	11
Planta <i>Stenocereus pruinosus</i> .....	12
Patrón de fructificación .....	14
Observación de frugívoros .....	14
Captura de aves .....	15
Captura de mamíferos .....	16
Experimentos de germinación .....	16
Efectividad .....	17
Calidad nutritiva de los frutos .....	17
RESULTADOS .....	20
Patrón de fructificación .....	20
Calidad nutricional de los frutos .....	21
Observación de frugívoros diurnos y nocturnos .....	21
Patrón de visitas a la planta de <i>S. pruinosus</i> .....	24
Tiempo de permanencia de las semillas en el tubo digestivo .....	28
Efecto de la germinación .....	28
Efectividad .....	33
DISCUSIÓN .....	34
CONCLUSIÓN .....	37
BIBLIOGRAFÍA .....	38

## RESUMEN

Las aves y los mamíferos frugívoros suelen ser los vectores más importantes para la dispersión de semillas y el establecimiento de muchas plántulas de cactáceas columnares. En este trabajo se analizó la efectividad de estos organismos para la dispersión de la cactácea columnar *Stenocereus pruinosus* (pitaya) en el Valle de Tehuacán. La efectividad se determinó considerando como componente de cantidad la tasa de visitas, en tanto que la calidad se obtuvo evaluando el porcentaje de germinación de las semillas cuando éstas pasan por el tubo digestivo de los consumidores.

*Stenocereus pruinosus* es una planta columnar que mide hasta 6 m de altura que fructifica de febrero a mayo, con frutos rojos, carnosos e indehiscentes con una gran cantidad de semillas. Estos son consumidos por tres especies de mamíferos, *Sturnira lilium*, *Leptonycteris curasoae* (Chiroptera) y *Urocyon cineroargenteus* (Carnívora) y por nueve especies de aves frugívoras *Mimus polyglottos*, *Icterus wagleri*, *Melanerpes hypopolius*, *Icterus parisorum*, *Icterus postulatedus*, *Momotus mexicanus*, *Molothrus aeneus*, *Picoides scalaris*, *Toxostoma curvirostre*.

*Melanerpes hypopolius*, *Mimus polyglottos*, *Toxostoma curvirostre* e *Icterus wagleri* Fueron las especies que visitaron más frecuente los frutos con un promedio de 31 visitas en 316 hrs. El tiempo que tardaron en pasar las semillas por el tubo digestivo de las aves fue de 30 a 40 min. en promedio y los análisis de germinación mostraron diferencias significativas entre los tratamientos y el control ( $F = 122.8$ , d.f. 11,  $P < 0.0001$ ). *Mimus polyglottos* fue la única especie que aumentó el porcentaje de germinación hasta un 88.2 % con respecto al control (81.6 %). Los murciélagos mostraron un 79 % de germinación (*Sturnira lilium*, *Leptonycteris curasoae*), que no difirió significativamente del control. Dos especies de aves *Campylorhynchus jocosus* (55.0 %) y *Myiarchus tyrannulus* (63.1 %) y el mamífero terrestre *Urocyon cineroargenteus* (72.7 %) presentaron los porcentajes de germinación más bajos que el control por lo que se puede pensar que parcialmente inhiben la germinación. En conclusión *Mimus polyglottos* presentó la mayor frecuencia de visitas a los frutos y

---

mostró una alta efectividad para promover la germinación. Las aves y los murciélagos pueden ser considerados como dispersores legítimos de la pitaya (*Stenocereus pruinosus*), debido a que es bien conocido que depositan las semillas directamente en sitios seguros para su germinación, especialmente bajo árboles y arbustos. Estos resultados indican que las aves y los murciélagos son interactuantes muy importantes en la ecología y mantenimiento de las poblaciones de *Stenocereus pruinosus*.

## INTRODUCCIÓN

La dispersión es el mecanismo mediante el cual las semillas son alejadas de la planta madre, por elementos como el viento (anemocoria), el agua (hidrocoria) o bien por animales (zooecoria) (Berg, 1975; Fenner, 1985). Las plantas con mecanismo de dispersión zoócora se dividen en endozoócoras, cuando la diáspora ha sido consumida y el transporte de las semillas ocurre dentro del tubo digestivo de los animales y las ectozoócoras o epizoócoras cuando las semillas se adhieren a las partes externas de los animales (Berg, 1972). La dispersión permite a las plantas colonizar nuevos sitios, evitar la competencia intraespecífica y la alta depredación (Harper, 1977; Fenner, 1985; Granados, 1994, 1999; Ortíz, 1994). Los animales deben ser atraídos al fruto por el olor, la apariencia o el sabor (Janzen, 1984; Granados, 1994) y se ha considerado que a lo largo de su evolución los frutos de las plantas han desarrollado características tales como color, olor, tamaño, de tal manera que les permita confiar su dispersión a animales que se mueven ampliamente (Herrera, 1984). El tamaño, contenido nutricional y el número de frutos producidos por las plantas pueden estar dirigidos a seleccionar algunas especies que pueden alimentarse de los frutos (Snow, 1971; Janzen, 1983; Herrera, 1984; Wheelwright, 1991; Ortíz-Pulido, 1997). Estos caracteres en las plantas condicionan los diferentes síndromes de dispersión, que están definidos por las características morfológicas y fenológicas de las diásporas (Van der Pijl, 1982; Herrera, 1982; Nasar, *et al.* 1997). Así, el síndrome de dispersión por aves (ornitocoria), se distingue por la presencia de frutos que presentan coloraciones llamativas como el rojo cuando están maduros, que atraen a las aves que mayormente tienen actividad diurna y un sentido pobre del olfato. Estos son carnosos y su localización es externa o interna con respecto al follaje, debido a la relativa facilidad con la que las aves se desplazan dentro de él (Van der Pijl, 1982; Howe, 1986). El síndrome de dispersión por murciélagos (quiropterocoria), está caracterizado por la presencia de frutos con colores blanquesinos poco llamativos, cáscaras suaves y olores rancios (Van der Pijl, 1982;



Fleming y Heithaus, 1981). Los frutos por lo general dehiscentes, se forman en la parte externa del follaje, lo que los hace accesibles durante el vuelo. Los vertebrados en general tienen la capacidad de dispersar semillas a grandes distancias, (Fleming, 1988) sin embargo, el grupo de las aves y de los murciélagos son los más importantes, pues además de ser abundantes, tienen la capacidad de desplazarse a distancias considerables. (Fener, 1978; Gross y Werner, 1982).

La contribución de los frugívoros a la demografía de las plantas dispersadas depende de la cantidad de semillas transportadas y la calidad de los sitios en los que depositan las semillas (Schupp, 1993). La evaluación independiente de estos dos componentes de cantidad y calidad de la dispersión es ecológicamente importante, porque permite identificar a los agentes dispersores legítimos y determinar la importancia relativa de las especies que consumen los frutos. A menudo los frugívoros, que transportan gran número de semillas no proporcionan una dispersión de calidad en contraste con los frugívoros que dispersan pocas semillas pero que los llevan a sitios apropiados para la germinación. Estos dos componentes determinan la efectividad de dispersión (Schupp, 1993).

La evidencia acumulada a la fecha sugiere que los vertebrados frugívoros voladores como las aves y los murciélagos son los mejores dispersores de semillas (en términos de cantidad dispersada y distancia de transporte) para las plantas que producen frutos zoocóricos en ambientes húmedos, en comparación con los animales terrestres (Howe, 1986; Fleming y Sosa, 1994; Galindo-González, 1998). Esto es debido en parte a su gran movilidad, a su eficiencia para encontrar y consumir la fruta, y al escaso tiempo de retención de las semillas que ingieren (Sosa y Soriano, 1993). De este modo, la interacción planta-frugívoro tiende a ser mutualista, dado que tanto aves como murciélagos que principalmente consumen de estos frutos, necesitan árboles o arbustos que sirven como lugares de percha donde regurgitan o defecan las semillas, depositándolas bajo el dosel de estos arbustos (Jordano, 1992; Schupp, 1993). En ambientes tropicales húmedos por ejemplo, los murciélagos son reconocidos como los dispersores más importantes de semillas debido a que dependen parcial o totalmente de los frutos como fuente de alimento (Heithaus, *et al.* 1975; Fleming y Heithaus, 1981; Howe y Smallwood, 1982; Fleming, 1988; Fleming y

Williams, 1990; Gorchov, *et al.* 1993; Medellín y Gaona, 1999) y cada noche dispersan miles de semillas (Fleming, 1988; Fleming y Sosa, 1994). En estos ambientes, los murciélagos contribuyen a mantener la diversidad vegetal alta y en muchos casos son dispersores legítimos de especies de los géneros *Brosimum*, *Cecropia*, *Eugenia*, *Ficus*, *Piper*, *Solanum*, y *Spondias* (Galindo-González, 1998). En cuanto a las aves, es ampliamente conocido que estas también juegan un papel importante como consumidoras de fruta y dispersoras de semillas en ambientes tropicales (Foster, 1990; Stiles, 1989; Ortiz-Pulido, 1994).

El papel que juegan los animales como dispersores influye de manera determinante en la forma de reproducción, morfología, comportamiento y la ecología de las plantas (Valiente-Banuet, *et al.* 1996; Ortiz-Pulido, 1999) y por lo tanto influye en la dinámica poblacional y la estructura de las comunidades (Fleming, 1988; Herrera, 1996; Arizmendi, *et al.* 1996; Rojas-Martínez, 1996; Ortiz-Pulido, 1999).

En el centro de México en especial en el Valle de Tehuacán y la Cuenca del Río Balsas, se ubica el centro de diversificación de cactáceas columnares más importantes de América ya que en él habitan 45 de las 70 especies distribuidas en México (Valiente-Banuet, *et al.* 1996; Valiente-Banuet, *et al.* 1991b). Presentan frutos con características zoócoras, y las aves y los murciélagos son al parecer sus principales dispersores. El alto consumo de frutos de cactáceas columnares probablemente responde a factores de la calidad de los nutrientes que contienen sus frutos y a los requerimientos fisiológicos de los animales (Galindo-González, 1998; Granados, 1994). En el Valle de Tehuacán los murciélagos han sido relacionados con la polinización y posiblemente la dispersión de cactáceas como *Neobuxbaumia tetetzo*, *N. mezcalaensis*, *N. macrocephala*, *Stenocereus stellatus*, *S. pruinosus*, *Pachycereus hollianus* y *P. weberi* (Valiente-Banuet *et al.*, 1996, 1997, 1997a, Rojas-Martínez, 1996; Cortes-Díaz, 1997; Casa *et al.* 1997).

Los frutos de las cactáceas columnares pueden ser dehiscentes o indehiscentes. Las plantas con frutos nocturnos dehiscentes, por lo general poseen pulpa blanca con olor penetrante semejante al de las flores, mientras que los indehiscentes carecen de olor y poseen pulpa roja que es muy llamativa durante el día. En general se acepta que los frutos incoloros y dehiscentes son consumidos por

murciélagos mientras que aquellos con colores brillantes e indehiscentes son consumidos por aves (Van der Pijl, 1982; Howe, 1986; Granados, 1994). Sin embargo existen evidencias de que los murciélagos también comen este tipo de fruta (Valiente-Banuet, *et al.* 1996; Casas, *et al.* 1997).

En el Valle de Tehuacán, las cactáceas columnares constituyen los elementos dominantes de la vegetación con densidades pueden alcanzar de los 1200 a los 1800 individuos por hectárea (Valiente-Banuet y Ezcurra, 1991; Valiente-Banuet, *et al.* 1991a; Godínez-Álvarez, 1998). Estos sistemas biológicos han sido referidos como bosques de cactáceas columnares por la excepcional dominancia estructural y fisonómica de estas plantas suculentas (Valiente-Banuet, *et al.* 1996). En estos ambientes las lluvias son impredecibles, los suelos tienen bajos contenidos de agua y se presentan altos niveles de radiación solar (Nobel, 1989; Valiente-Banuet, *et al.* 1991, 1991a,b.). Bajo estas condiciones diferentes estudios han indicado que el establecimiento y la sobrevivencia durante los primeros años de vida constituyen las etapas más críticas del ciclo de vida de las cactáceas columnares (Valiente-Banuet *et al.*, 1991, 1991a,b). Esta fase del ciclo de vida ocurre favorablemente bajo la copa de arbustos y arboles, denominados plantas nodriza, que tienen la capacidad de modificar el microambiente por debajo de su copa y favorecer el reclutamiento (Valiente-Banuet y Ezcurra 1991; Herrera, *et al.* 1994; Valiente-Banuet, *et al.* 1996). La importancia del fenómeno microambiental producido por plantas perennes en desiertos enfatiza claramente el papel de la dispersión dirigida de las semillas a los sitios seguros bajo la copa de arbustos y árboles para mantener a las poblaciones (Valiente-Banuet y Ezcurra, 1991). Estudios previos indican que tanto aves como murciélagos tienen un papel muy importante tanto en la polinización como en la dispersión de algunas especies de cactáceas columnares (Valiente-Banuet, *et al.* 1996; Godínez-Alvarez, 2000; Pérez-Villafaña, 2000).

La cactácea columnar *Stenocereus pruinosus*, (Figura 1) conocida comúnmente como pitaya produce frutos de importancia comercial y es un componente común de la vegetación del Valle de Tehuacán, en donde se le encuentra en estado silvestre y cultivado. En un trabajo previo Cortés-Díaz (1997), determinó que esta especie es polinizada por los murciélagos *Leptonycteris curasoae*, *L. nivalis* y

*Choeronycteris mexicana*. Al igual que otras especies de cactus que habitan la región, los murciélagos podrían cumplir una doble función como polinizadores y dispersores como sucede con *Neobuxbaumia tetetzo*, especie que es polinizada y dispersada por murciélagos (Valiente-Banuet, *et al.* 1996; Godínez-Alvarez, 2000; Rojas- Martínez y Valiente-Banuet en preparación). Sin embargo, los frutos de *S. pruinosus*, (Figura 2) a diferencia de los de *N. tetetzo* tienen un color rojo y no son dehiscentes, por lo que las aves podrían ser los principales dispersores de esta especie.

En este trabajo se pretende identificar a los animales visitantes de los frutos y los removedores de las semillas, para determinar cuáles de ellos son capaces de dispersar legítimamente las semillas (Fleming y Sosa, 1994) de *Stenocereus pruinosus* en el Cerro Cutá, del Municipio de Zapotitlán Salinas, Puebla. El trabajo intenta determinar los componentes de la calidad y cantidad de la dispersión de las semillas de esta especie como una forma de evaluar la efectividad de los dispersores.



Figura 1. Cactácea columnar, *Stenocereus pruinosus* (Pitaya) mide de 5 a 6 metros altura, en la cima del Cerro Cutá, Zapotitlán, Salinas.

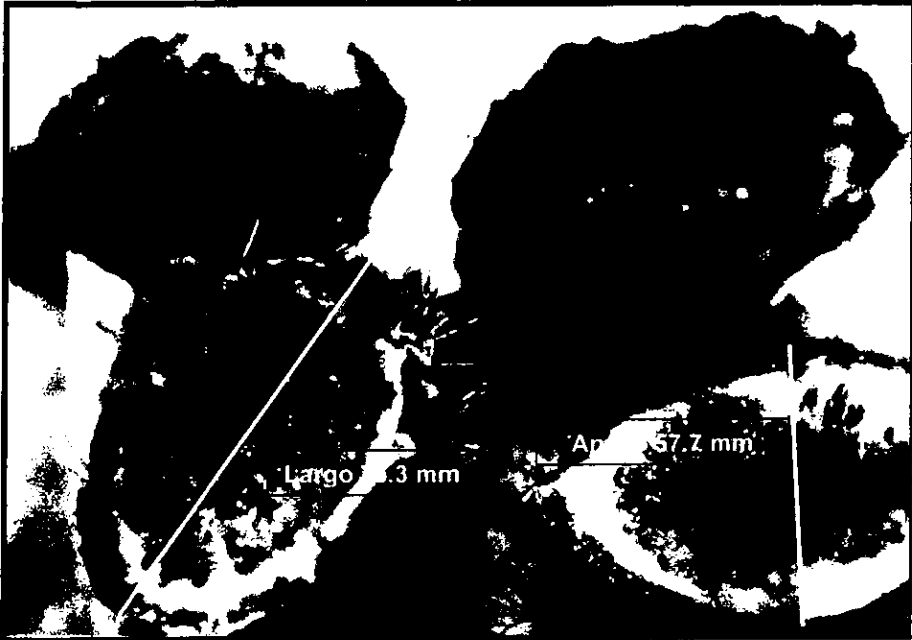


Figura 2. Fruto de pitaya (*Stenocereus pruinosus*) y semilla del fruto en la cima del Cerro Cutá, Zapotitlán, Salinas.

## OBJETIVO GENERAL:

- Identificar a los principales animales dispersores de *Stenocereus pruinosus* (pitaya) y los efectos que tienen sobre su germinación.

## OBJETIVOS PARTICULARES:

- \* Estimar la producción estacional de fruta y semilla de *Stenocereus pruinosus*.
- \* Elaborar una lista de las especies de animales que consumen frutos de *S. pruinosus*.
- \* Determinar la frecuencia de visitas de los animales frugívoros para identificar las especies dispersoras importantes
- \* Determinar el tiempo de paso de las semillas por el tubo digestivo de las diferentes aves y murciélagos frugívoros.
- \* Evaluar el efecto del paso por el tubo digestivo sobre la germinación de las semillas.
- \* Determinar la calidad nutritiva de los frutos de *S. pruinosus* valorando su contenido de carbohidratos proteínas y lípidos.

## METODOLOGÍA

### ZONA DE ESTUDIO

El Valle de Tehuacán-Cuicatlán es un área semiárida que mide 10,000 km<sup>2</sup>, (Dávila, *et al.* 1993) situada en el sector sureste de Puebla y la región colindante de Oaxaca. Con una alta diversidad vegetal, su flora se calcula en 2750 – 3000 especies, siendo 30 % endémicas de esta región (Dávila, *et al.* 1993; Villaseñor, *et al.* 1990). Se trata de una zona ubicada al sur del paralelo de los 20° localizada entre los 17°48' - 18°58' de latitud N y 96°40' - 97°43' de longitud W (Figura 3).

El clima es cálido y semiárido determinado en gran parte por la Sierra Madre Oriental localmente llamada Sierra de Zongólica, que detiene los vientos húmedos provenientes del Golfo de México, formando una sombra de lluvia sobre el Valle y creando condiciones de aridez (Zavala, 1980). La precipitación promedio anual es de 495 mm y la temperatura media anual es de 21° C y raramente presenta heladas (García, 1981).

Existe una gran diversidad de afloramientos geológicos y tipos de suelo en el Valle de Zapotitlán, éstos son someros, pedregosos, halomórficos con diferentes estados de alcalinidad y salinidad, entre los cuales encontramos litosoles, cambisoles cálcicos y xerosoles cálcicos derivados de evaporitas del Cretácico inferior y medio (Dávila, *et al.* 1993, Valiente-Banuet, *et al.* 1991a; Osorio, 1996).

El tipo de vegetación dominante es el matorral xerófilo en la parte poblana, en tanto que hacia el sur, en los estados de Puebla y Oaxaca, los principales tipos de vegetación son las Selvas Bajas Caducifolias. En todas las variantes de vegetación, las cactáceas columnares constituyen elementos dominantes de gran importancia (Rzedowski, 1986; Dávila, *et al.* 1993; Valiente-Banuet, *et al.* 1996).

Este estudio se llevó a cabo en la cima del Cerro Cutá que se localiza en los 18°22' de latitud Norte y 97°28' de longitud W a 2 km. este, del poblado del Valle de Zapotitlán (Figura 4). El Cerro Cutá es un macizo montañoso de edad Cretácica, presenta una altitud de 1500 a 1700 msnm, cubriendo una superficie de 1500 m<sup>2</sup>. Los suelos son arenosos, rocosos y derivados de rocas sedimentarias y metamórficas (Valiente-Banuet, *et al.* 1991). La vegetación predominante en las partes altas es la Selva Baja Caducifolia con dominancia de las familias Caesalpiniaceae, Fabaceae, Mimosaceae, además se



encuentran las cactáceas, *Myrtillocactus geometrizans*, *Opuntia pilifera*, *Pachycereus marginatus*, *Stenocereus pruinosus*, *Opuntia tunicata*, *Pachycereus hollianus*, *Yucca periculosa*, *Yucca sp*, *Agave marmorata* y *Agave peacocki*, (Osorio, 1996).

La especie estudiada

*Stenocereus pruinosus* (Otto) F. Buxb; comúnmente llamada "pitaya" es una cactácea columnar de morfología arborescente con tronco bien definido ramoso de 5 a 6 metros de alto, ramas de 8-10 cm ancho verde oscuras, presenta frutos 4-8 cm largo, ovoides, rojos-púrpura o anaranjados verdosos, aréolas con espinas de 1 cm largo, deciduas, pulpa roja a púrpura. Sus semillas son pequeñas de 2.5 a 3 mm de largo y 1.8 mm de ancho, presentan un amplio hilio basal, testa negra con intersticios no punteados (Bravo, 1978; Huerta, 1998). La flor es de color crema a rosada, abre solo una noche produciendo en promedio 1.31 ml de néctar por flor (Cortés-Díaz, 1997). Presenta una amplia distribución, formando parches en los diferentes tipos de vegetación como la Selva Baja Espinosa Perennifolia y la Selva Baja Caducifolia (Osorio, 1996). Esta planta se desarrolla a elevaciones que van de los 800 a los 1900 msnm. La intensidad de floración es variable a lo largo del periodo fértil de la planta (enero-abril) presentando su máximo en febrero con un promedio de 28 flores por individuo por noche (Cortés-Díaz, 1997). La fructificación se inicia a principios de abril y su máximo ocurre entre mayo y junio.

*S. pruinosus* se distribuye en los estados de Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Puebla, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán, (Sánchez-Mejorada, 1973) formando parte de los Bosques tropicales caducifolios, las Selvas bajas, los matorrales xerófilos, y de la vegetación secundaria en cultivos y en huertas. El fruto tiene una alta demanda a nivel local y regional en el Valle de Tehuacán y en la Mixteca, pero es poco conocido nacional e internacionalmente, por lo que es consumido como fruto exótico fuera de los lugares donde no existe esta planta (Flores, *et al*, 1995). La planta es de importancia económica para los pobladores del Valle de Tehuacán debido a que estos frutos tienen una gran demanda como fruta fresca, en menor escala como mermelada y pulpa concentrada, bebidas refrescantes y helados. Esta cactácea se le encuentra comúnmente en solares y huertos familiares, y suele ser usada como cerca viva para delimitar el traspatio de las viviendas (Grande, *et al*. 1995; Rebollar, *et al*. 1998).

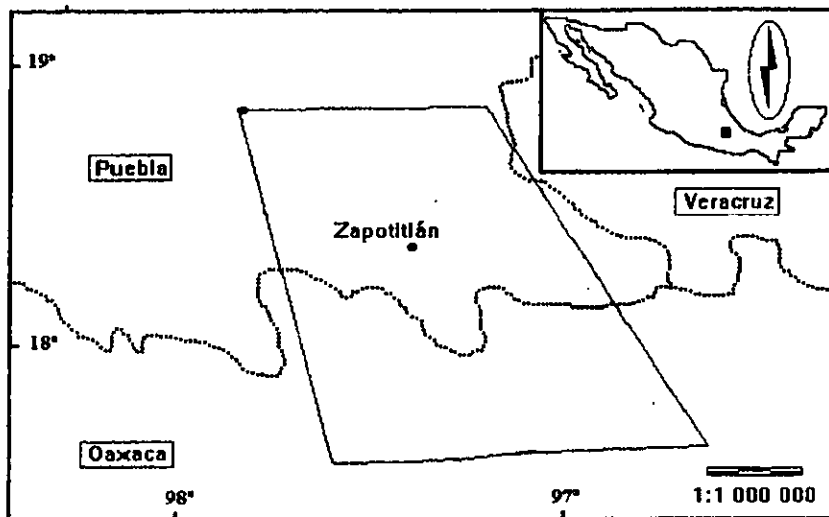


Figura 3. Localización de Zapotitlán en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Escala 1:1,000,000. El retángulo marca todo el Valle.

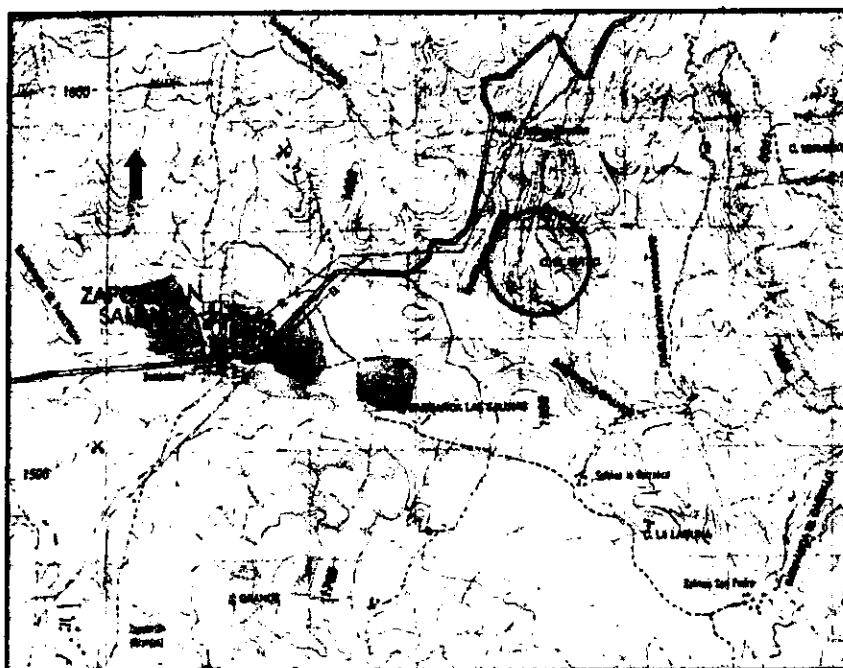


Figura 4. Mapa topográfico del Valle de Zapotitlán. El círculo muestra la ubicación de la zona de estudio la cima del Cerro Cutá. Escala 1:50,000.

## PATRÓN DE FRUCTIFICACIÓN

Para determinar el número promedio de plantas de *S. pruinosus* por unidad de área trace 3 cuadrantes de 30 m x 30 m al azar y en cada uno se marco y contó el número de plantas de *S. pruinosus*. A cada planta se le contó el número de frutos inmaduros, frutos maduros, frutos abiertos y frutos tirados; para estimar la cantidad de fruta disponible para las especies voladoras y terrestres dentro del área en el tiempo que duró este estudio de mayo-junio 1998.

Se colectaron 26 frutos los cuales fueron medidos con un vernier marca Scala graduada en milímetros. A cada fruto se midió el largo (de la base hasta la punta del fruto) y el ancho (valor máximo en la parte media transversal), con previa eliminación de las espinas. Los frutos fueron pesados con una báscula granataria, marca Ohaus que tiene una aproximación de 1 miligramo y con capacidad de 2610 g. Determine el peso promedio del fruto, y el número de semillas producidas por fruto. El número promedio de frutos producido por planta, fue multiplicado por el número promedio de semillas producidas por fruto para estimar el número de semillas producido por planta.

## OBSERVACIONES DE FRUGÍVOROS:

### Especies diurnas:

Para realizar las observaciones de los visitantes diurnos a la planta de *S. pruinosus*, se realizó una salida al campo del 16 de mayo al 10 junio de 1998. Seleccione 4 sitios en la cima del Cerro Cutá donde la visibilidad era alta desde varias direcciones, para poder observar sin dificultad a todos los visitantes. Se efectuaron observaciones directas a tres plantas de pitaya con frutos a una distancia de 20 metros. El registro de las aves se realizó con ayuda de binoculares de 8 X 22 y 10X 25, y fueron identificadas con las guías de campo de Peterson y Chalif (1989), National Geographic Society (1983), Howell y Webb (1995).

Para cada ave observada se registraron los siguientes datos:

Fecha, nombre científico, hora, y actividad realizada (come, picotea, percha), hora de llegada y hora de partida y tiempo de permanencia en la planta. El tiempo dedicado a cada actividad se midió con la ayuda de un cronómetro electrónico marca Casio.

Durante 26 días (mayo-junio) se realizaron observaciones en los periodos de máxima actividad de las aves, por la mañana de 07:00 a 12:00 y por las tardes de 15:00 a 20:00 hrs.

En el caso de las aves, con el número de especies observadas por día, gráfico una curva de acumulación de especies, según el modelo de Soberón y Llorente (1993) con el que es posible predecir hasta qué momento se han registrado la mayoría de las especies en el área de estudio después de que la curva se asintotiza. Esta gráfica permite conocer si el periodo de observación seleccionado fue suficiente para observar a la mayoría de las aves que visitan las plantas de *S. pruinosus*.

### Captura de aves

Se colocaron cinco redes ornitológicas de nylon (2 redes de niebla de 12 m largo por 3 m de alto y de 3 cm de apertura de malla, y 3 de 6m X 2.5 m) colocándolas cercanas a las plantas en fructificación (aproximadamente a 5 m de las plantas en estudio). Las redes se mantuvieron abiertas las 24 hrs del día (acumulando un total de 3000 hrs/red y 109.2 m<sup>2</sup>) entre el 9 mayo y el 10 junio de 1998.

Las aves capturadas fueron identificadas a especie, se registró la hora de captura, el peso, y la longitud total, longitud del ala, el pico, el tarso y la cola. Las aves frugívoras fueron retenidas por un día y se mantuvieron en jaulas de 70 cm de alto por 90 cm de largo y 40 de ancho, sin darles de comer durante una hora con el propósito de que su estómago estuviera vacío. Posteriormente fueron alimentadas con un fruto de *S. pruinosus*, y se midió el tiempo, que tardan en pasar las semillas por el tubo digestivo del ave (después de esto se dejaron en libertad). El número de especies en cautiverio dependió de la frecuencia de captura de cada una. Posteriormente se obtuvo el tiempo promedio de permanencia de las semillas en el tubo digestivo de cada especie con su respectiva desviación estándar. Las excretas fueron secadas y guardadas en bolsas de papel y rotuladas, para posteriormente revisar las semillas en el laboratorio (Godínez-Alvarez, 1998, Pérez-Villafaña, 2000).

## Especies nocturnas:

Para realizar las observaciones de los visitantes nocturnos, utilizamos lentes de visión nocturna (Lentes Night Voyager II Vision in Night 1# 50 N3 100520) que permiten observar murciélagos y otros mamíferos. Las observaciones fueron realizadas cada noche entre las 20:00 y 0:00 hrs, realizando periodos de observación de 5 minutos con descansos de 15 minutos. Estas observaciones se llevaron a cabo por espacio de dos semanas para determinar la frecuencia con la que los mamíferos se alimentaron de los frutos de *S. pruinosus* durante la noche.

## Captura de mamíferos

Se utilizaron un total de 5 redes ornitológicas de nylon, las mismas que se utilizaron para aves (2 redes de 12 m largo por 3 m de alto y de 3 cm de apertura de malla, y 3 de 6m X 2.5 m) para la captura de murciélagos. De los animales capturados se obtuvo la siguiente información: especie, sexo, medidas somáticas y peso. Algunos ejemplares fueron mantenidos en cautiverio con el fin de obtener sus excretas y medir el tiempo del paso de las semillas por el tubo digestivo. Las defecaciones fueron secadas y guardadas para el experimento de germinación. Además de las capturas, se realizaron observaciones sobre mamíferos terrestres, y se colectaron todas las excretas en bolsas de papel dentro del área de estudio, para posteriormente revisarlas en laboratorio. Las excretas y animales observadas se identificaron por medio de manual de campo, Aranda (1981), Álvarez (1994); Coates-Estrada (1986); Ramírez-Pulido (1994).

## EXPERIMENTOS DE GERMINACIÓN

Para determinar el efecto que tiene el paso por el tubo digestivo de las aves y los mamíferos sobre la germinación las semillas, obtenidas de las defecaciones estas fueron sembradas bajo condiciones de laboratorio. Las semillas fueron mantenidas a una temperatura de  $25 \pm 27^{\circ}\text{C}$ . Cada muestra fecal fue desagregada en una caja de petri, empleando una aguja de disección y pinzas; para cada especie de vertebrado, se establecieron cinco réplicas de la germinación. El tamaño de cada replica dependió del

número de semillas obtenidas de las excretas de aves o mamíferos y varió de 20 a 100 semillas por replica. Las semillas se pusieron a germinar en cajas de petri de 9 cm de diámetro, sobre papel filtro (Whatman No 1) humedecido con agua destilada, los tratamientos control fueron formados con semillas obtenidas directamente de los frutos, todas fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio al 10 % durante 15 min. para evitar el crecimiento de hongos. La germinación se consideró desde el momento en que emergió la radícula, el conteo de la germinación se realizó diariamente durante 40 días y se determinó la velocidad de germinación, así como el porcentaje final de germinación por tratamiento. (González-Zertuche, 1996). La germinación entre los diferentes tratamientos fue comparada por medio de un análisis de varianza (ANOVA) de una vía para detectar si existieron diferencias significativas entre el porcentaje de germinación de las semillas que han pasado por el tubo digestivo de las distintas especies de vertebrados y los obtenidos directamente de los frutos.

## EFFECTIVIDAD

Después de que las semillas pasan por el tubo digestivo de los frugívoros (aves y mamíferos) se estimó la eficiencia de dispersión, tomando en cuenta el componente de cantidad, considerado como la frecuencia de visita de los frugívoros y la calidad, considerada como los porcentajes de germinación. (Schupp, 1993).

$$\text{Índice de efectividad} = \text{No de visitas} \times \% \text{ de germinación}$$

## CALIDAD NUTRITIVA DE LOS FRUTOS

### Análisis Químico de frutos de *Stenocereus pruinosus*

Para obtener el valor nutricional de los frutos, se colectaron 10 frutos maduros que fueron llevados a los Laboratorios de Ecología y Biogeoquímica de la Unidad de Biotecnología y Prototipos (UBIPRO) de la ENEP Iztacala. A los frutos se les hizo un análisis bromatológico para determinar la cantidad de carbohidratos, proteínas y lípidos.

## Carbohidratos

Para cuantificar el contenido de carbohidratos totales en la pulpa fresca por el método de Antrona de Clegg. (González y Peñalosa, 1981) las semillas fueron eliminadas y la pulpa digerida con ácido perclórico, los almidones hidrolizados junto con los azúcares fueron determinados colorimétricamente por el método de Antrona y expresados en unidades de glucosa (a una longitud de onda de 530 nm).

$$\text{Carbohidratos utilizables total en \% de glucosa} = \frac{(2.5 \times b)}{a \times w}$$

$$a \times w$$

peso en gramos de la muestra = w

absorbancia del patrón diluido = a

absorbancia de la muestra diluida = b

## Proteínas

El contenido de proteínas fue determinado por el método de Kjeldahl, (microkjeldahl). los datos se expresaron en porcentajes de nitrógeno. El método de valoración del nitrógeno protéico es de aplicación universal para alimentos. Se pesaron 0.05 g de pulpa seca, posteriormente se colocaron en el matraz Kjeldahl de 250 ml, se le agregó una muestra catalizadora (49.5 g de  $K_2SO_4$ , 0.9g de  $CUSO_4 \cdot 5 H_2O$  y 0.5 g de  $HgO$ ) a razón de un gramo de catalizador por muestra y 2 ml de  $H_2SO_4$  concentrado para iniciar la digestión calentándolo en una parrilla, agregándole previamente perlas de ebullición. El calentamiento se suspendió cuando la mezcla tornó a un color azul cristalino. La muestra digerida se transfirió a un matraz de destilación, se lavó el matraz kjeldahl, con una mínima cantidad de agua y se agregó esta solución de lavado en el matraz de destilación. En un extremo del condensador se colocó el matraz Erlenmeyer. Al "digerido" se le agregaron 8 ml de solución  $NaOH$  y  $Na_2 S_2O_3 \cdot 5H_2O$ , y se destiló hasta obtener 50 ml en el matraz Erlenmeyer. En el matraz Erlenmeyer se vertieron 65 ml de ácido bórico al 4% y tres gotas de solución indicadora, y se colocó debajo del refrigerante para recuperar el resultado de la destilación. Se tituló el destilado con una solución valorada de  $HCL$  0.1 N hasta que virara (González y Peñalosa, 1981).

## Lípidos

Para la determinación de lípidos por el método de Soxhlet, se pesaron 5 g de muestra seca (pulpa), para colocarla en la trampa, en un matraz de bola de 200 ml, agregamos eter de petróleo para que arrastrara todas la grasa al efectuar la destilación a una temperatura de 80°C. durante 4 horas. Por diferencia de peso se obtuvo el porcentaje de grasas digeridas contenidas en la muestra (González y Peñalosa, 1981).



## RESULTADOS

### PATRON DE FRUCTIFICACION

#### Biología floral y fenología

*Stenocereus pruinosus* presenta simultáneamente yemas, botones florales, flores y frutos en desarrollo durante la temporada de reproducción cuya floración dura de febrero a mayo con un máximo entre febrero y marzo. El periodo de fructificación es de aproximadamente dos meses y el máximo periodo de fructificación ocurre entre mayo y principios de junio aunque en agosto todavía se encuentran algunos frutos. La maduración de los frutos ocurre de forma gradual, el fruto maduro tiene un promedio de 76.36 mm de largo y 57.76 mm de ancho,  $n = 26$  frutos

En los tres cuadrantes realizados encontramos un total de 73 individuos en fructificación que produjeron 437 frutos, durante la temporada de fructificación mayo-junio 1998. El 61 % de los frutos maduros permaneció en la planta y estuvieron disponibles para frugívoros voladores (frutos inmaduros, frutos maduros abiertos y frutos maduros cerrados) y un 39% de los frutos se encontraron en el suelo y estuvieron disponibles para los mamíferos terrestres (Figura 5).

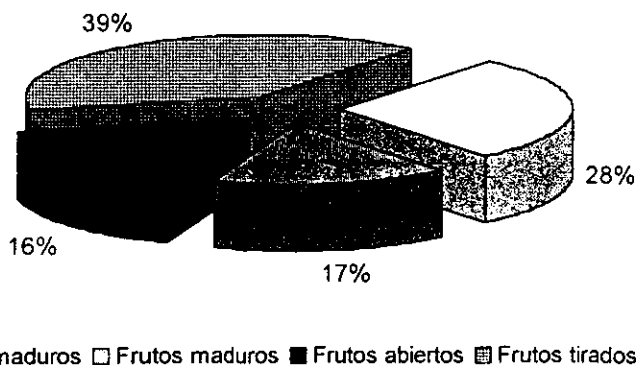


Figura 5. Características de la fructificación de *Stenocereus pruinosus*,  $n = 437$  frutos.

Los frutos de *S. pruinosus* son globosos con un color rojo púrpura y al madurar pierden sus espinas (Tabla 1), con la pulpa carmota del mismo color del pericarpelo. Un porcentaje alto del fruto es ocupado por la pulpa y las semillas que son pequeñas. No se encontró una relación entre el peso total de fruto y el número de semillas producidas ( $r = 0.41016$ ; g.l. = 24;  $P < 0.001$ ;  $n = 26$ ).

Tabla 1. Valores merísticos ( $X \pm$  Error estándar) de los frutos de *Stenocereus pruinosus* obtenidos de plantas que crecen en la cima del Cerro Cutá, Zapotitlán de las Salinas, Puebla. (n= 26)

Fruto	Ancho (mm)	Largo (mm)	Peso total (g)	# de Semillas
Promedio	$57.76 \pm 7.22$	$76.36 \pm 6.144$	$107.03 \pm 18.40$	$1663.26 \pm 456.597$

### Calidad nutritiva de los frutos

El análisis bromatológico de los frutos reveló un contenido  $15.05 \pm 6.85$  % de carbohidratos totales en pulpa fresca,  $8.26 \pm 2.16$  % de proteínas en pulpa seca y  $7.68 \pm 0.014$  % de lípidos en pulpa seca.

### Observación de frugívoros diurnos y nocturnos

Encontramos a 9 especies de aves frugívoras, 4 granívoras y 3 insectívoras y a 4 nectarívoros que visitaban los frutos de la pitaya para alimentarse de la pulpa (Tabla 2). Además dos especies de mamíferos voladores *Leptonycteris curasoae* y *Sturmira lilium* (murciélagos) y un mamífero terrestre *Urocyon cinereoargenteus* (Zorra gris) que visitaron los frutos durante la noche. Para las tres especies de mamíferos no fue posible observar las visitas a los frutos de *S. pruinosus*, por lo que no contamos con estos datos.

La gráfica de especies acumuladas, (Figura 6) revela que a los 13 días de observación fueron registradas todas las especies de aves frugívoras reportadas en el sitio. Registramos 19 especies de aves (Tabla 2) y tres de mamíferos que se alimentan de la pitaya en el Cerro Cutá.

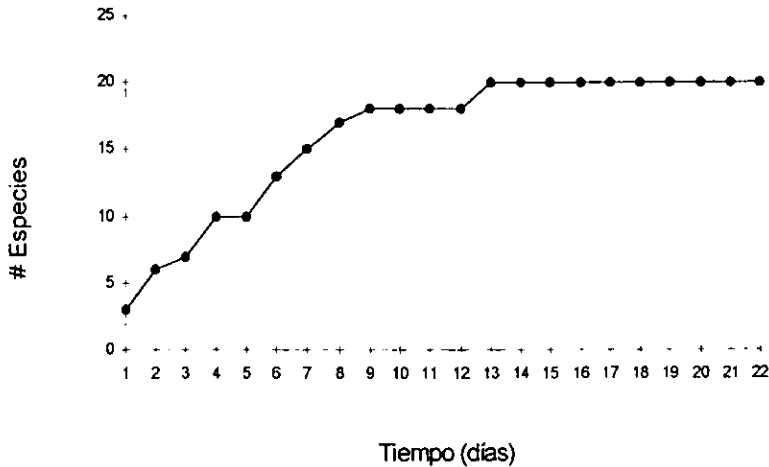


Figura 6. Curva de acumulación de especies de aves registradas visitando *Stenocereus pruinosus*, en relación con el esfuerzo de observación y captura durante los meses de mayo junio en el Cerro Cutá en Zapotitlán de las Salinas, Puebla.

Tabla 2 Lista de 19 especies de aves que fueron observando perchando o consumiendo frutos *Stenocereus pruinosus*. Hábitos alimenticios (F) Frugívoro, (I) Insectívoro, (G) Granívoro, (O) Omnívoro, (N) Nectarívoro. (Arizmendi y Espinosa de los Monteros 1996) n = 360 hrs. de observación.

Especie	Dieta	Familia	Nombre común
<i>Melanerpes hypopolius</i> (*)	FI	PICIDAE	Carpintero del Balsas
<i>Mimus polyglottos</i>	FI	MIMIDAE	Cenzontle
<i>Toxostoma curvirostre</i>	FI	MIMIDAE	Cuitlacoche
<i>Icterus wagleri</i>	FI	EMBERIZIDAE	Calandria palmera
<i>Icterus parisorum</i>	FI	EMBERIZIDAE	Calandria tunera
<i>Icterus pustulatus</i>	FI	PICIDAE	Calandria de fuego
<i>Picoides scalaris</i>	FI	EMBERIZIDAE	Cheje
<i>Molothrus aeneus</i>	O	EMBERIZIDAE	Tordo de ojo rojo
<i>Momotus mexicanus</i>	IF	MOMOTIDAE	Pájaro reloj
<i>Campylorhynchus jocosus</i> (*)	I	TROGLODYTIDAE	Matraca alacranera
<i>Myiarchus tyrannulus</i>	I	TYRANNIDAE	Mosquitero avispero
<i>Aimophila mystacalis</i> (*)	GI	EMBERIZIDAE	Zacatonero
<i>Carpodacus mexicanus</i>	G	FRINGILLIDAE	Gorrion mexicano
<i>Pheucticus melanocephalus</i>	FG	EMBERIZIDAE	Tognillo
<i>Zenaida asiatica</i>	GF	COLUMBIDAE	Paloma de alas blancas
<i>Amazilia violiceps</i>	N	APODIDAE	Chupa flor
<i>Cyananthus latirostris</i>	N	APODIDAE	Chupa rosa, matraquita
<i>Cyananthus sordidus</i> (*)	N	APODIDAE	Chupamirto prieto
<i>Eugenes fulgens</i>	N	APODIDAE	Chupaflor

Endémicas de la zona del Valle de Tehuacán (\*)

### Patrón de visitas a la planta de *Stenocereus pruinosus*.

El patrón de visitas diaria (Figura 7) mostró dos picos de frecuencia máxima de visitas a los frutos de la pitaya, el primero de ellos es el más importante y ocurrió antes del medio día, con su máximo a las 9:30 horas el segundo se presentó después de las 15:00 horas de la tarde, con su máximo entre las 16:30 y las 17:00 horas.

Las frecuencias de las visitas por hora de las aves se agruparon de acuerdo con sus hábitos alimenticios (Figura 8). Los frugívoros visitaron más frecuentemente a *S. pruinosus* con un 47.36 %, los granívoros con 21.05 % y los insectívoros con 10.52 %. Los nectarívoros como los colibríes, también se alimentaron de la pulpa del fruto. En cuanto a la duración de las visitas a la planta durante el forrajeo (Tabla 3), encontramos que *Melanerpes hypopolius* mostró 41 visitas siendo la especie de mayor frecuencia y con una permanencia de 41.41 min. *Toxostoma curvirostre* presentó 32 visitas y un tiempo de permanencia de 23.54 min. *Mimus polyglottos* e *Icterus wagleri* presentaron un número de 27 y 24 visitas respectivamente con un promedio de tiempo de permanencia de 25.38 min. para *M. polyglottos* e *I. wagleri* de 18.43 min. Mientras que *M. tyrannulus* tuvo 16 visitas con un tiempo acumulado de 9.42 min, por otra parte *Z. asiatica* realizó 17 visitas en un tiempo de 14.49 min y *C. mexicanus* visitó 10 veces a las plantas en un tiempo de 8.13 min. Estas dos últimas especies son depredadoras debido a que su molleja destruye las semillas.

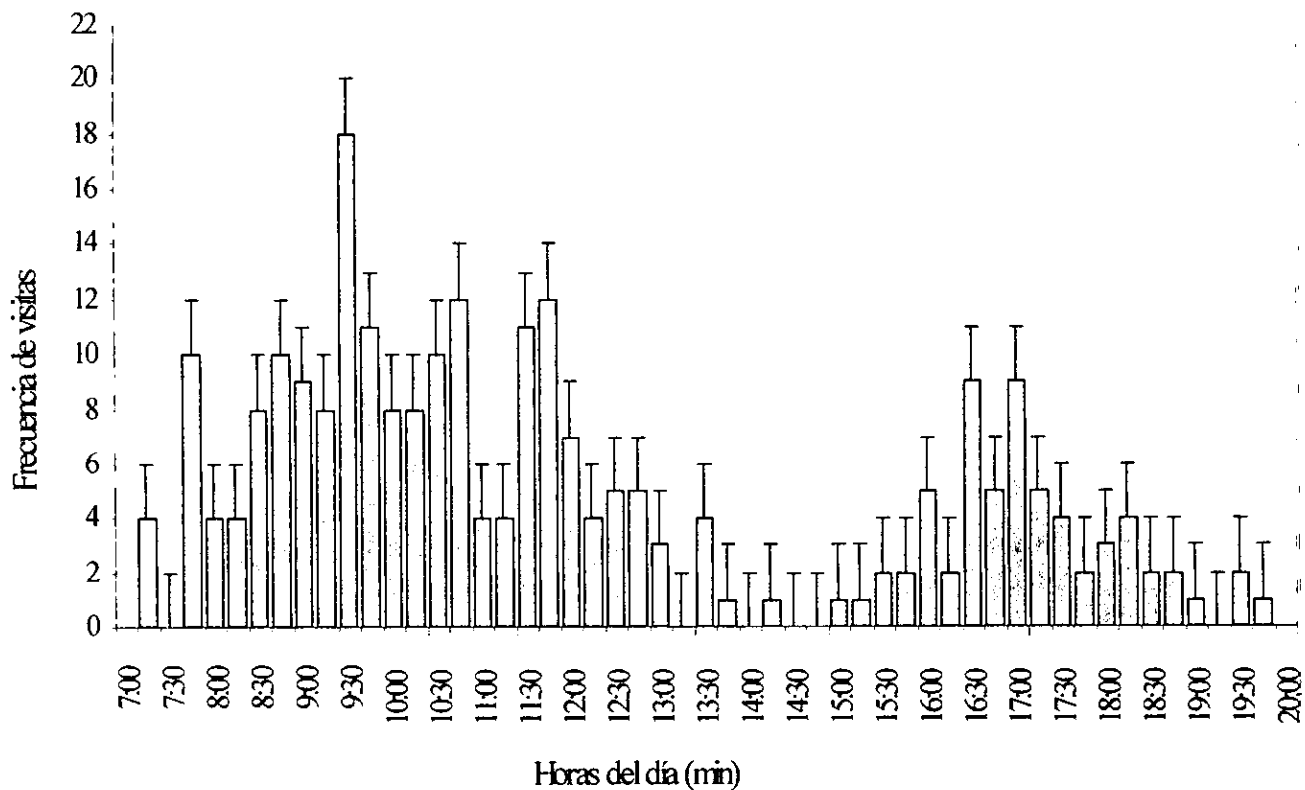


Figura 7.- Patrón diario de visitas de aves a las plantas de *S. pruinosus*. Las observaciones se realizaron durante 18 días, distribuidos a lo largo de los meses de mayo-junio.

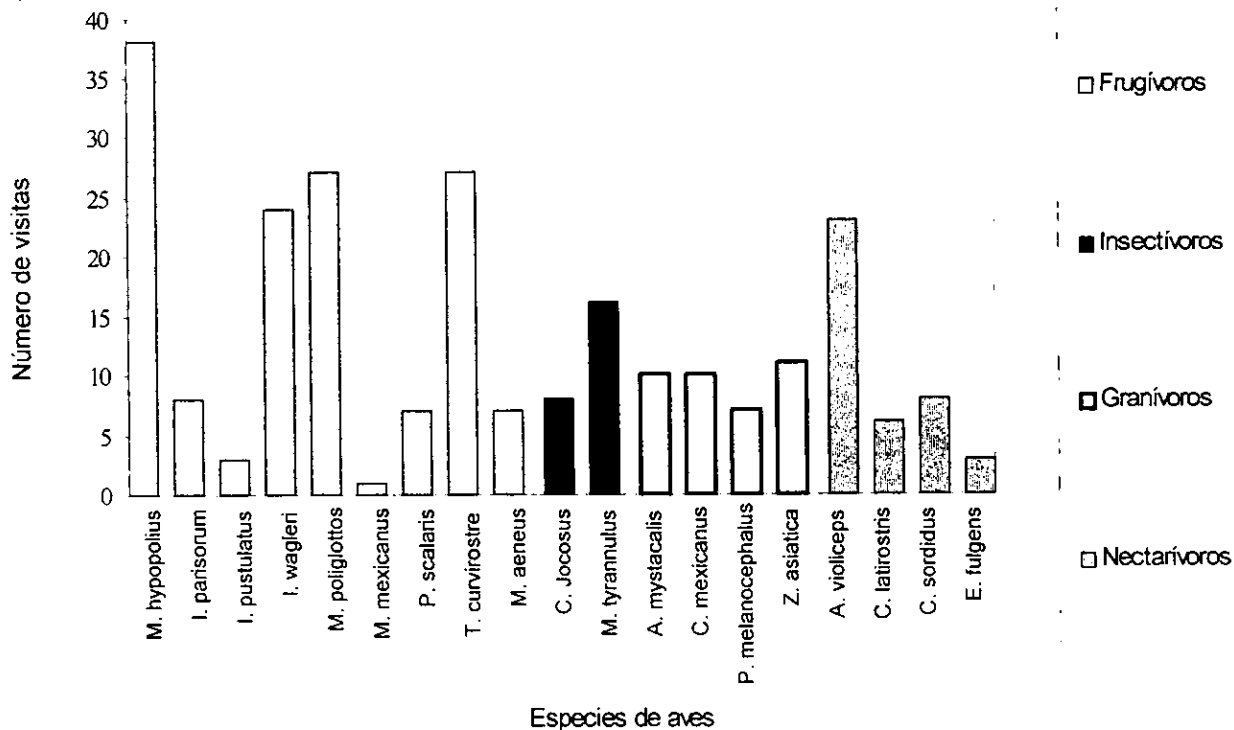


Figura 8.- Frecuencia de visitas de las diferentes especies de aves a los frutos de *S. pruinosus* en la temporada de fructificación mayo-junio.

Tabla 3. Tiempo que permanecieron sobre las plantas, las aves que se alimentaron de los frutos de *Stenocereus pruinosus* en la cima del cerro Cutá en Zapotitlán de las Salinas, Puebla.

Especie	n visitas totales	Tiempo total de permanencia (min)	Tiempo promedio de permanencia y error estandar.(seg)	Rango max. - min. (Seg.)
<i>Melanerpes hypopolius</i>	41	41.41	50.48 ± 47.85	197.75 / 7.5
<i>Toxostoma curvirostre</i>	32	23.54	47.52 ± 40.43	147.38 / 3.24
<i>Mimus polyglottos</i>	27	25.38	67.84 ± 60.12	212.1 / 7.85
<i>Icterus wagleri</i>	24	18.43	51.07 ± 24.87	96.72 / 15.27
<i>Zenaida asiatica</i>	17	14.49	34.74 ± 22.72	84.28 / 3.78
<i>Myiarchus tyrannulus</i>	16	9.42	53.81 ± 54.16	190.27 / 10.45
<i>Aimophila mystacalis</i>	11	7.46	42.35 ± 29.73	86.13 / 4.59
<i>Icterus parisorum</i>	10	8.47	43.29 ± 30.24	105.37 / 19.3
<i>Campylorhynchus jocosus</i>	10	5.03	29.20 ± 36.65	127.04 / 1.78
<i>Carpodacus mexicanus</i>	10	8.13	51.38 ± 31.50	108.22 / 12.84
<i>Icterus pustulatus</i>	7	7.46	88.95 ± 63.20	151.76 / 25.36
<i>Molothrus aeneus</i>	8	6.02	52.75 ± 31.108	96.91 / 3.24
<i>Pheucticus melanocephalus</i>	8	9.07	68.48 ± 72.59	223.82 / 5.88
<i>Picoides scalans</i>	7	5.16	45.21 ± 33.91	95.57 / 4.59
<i>Momotus mexicanus</i>	2	2.38	89.36 ± 75.34	32.11 / 57.25

Tiempo total de observación = 316 Horas



## Tiempo de permanencia de las semillas en el tubo digestivo

El tiempo de permanencia de las semillas en el tubo digestivo de las aves, varió de 21 min, como en *A. mystacalis*, hasta una hora en *T. curvirostre*. Sin embargo el tiempo de permanencia más común osciló alrededor de 30 minutos (Tabla 4). Para los murciélagos *S. liliium* y *L. curasoae* no fue posible medir el tiempo de permanencia de las semillas en el tubo digestivo. Sin embargo se reporta que va de 20 a 40 min.

Tabla 4. Tiempo promedio de permanencia de las semillas de pitaya en el tubo digestivo de las aves con su respectivo error estándar, en Zapotitlán de las Salinas, Tehuacán Puebla.

Especie	Tiempo promedio de las semillas en el tacto digestivo (min.) $\pm$ error estándar	n
<i>Miyarchus tyrannulus</i>	30.16 $\pm$ 19.35	3
<i>Melanerpes hypopolius</i>	26.00 $\pm$ 6.77	9
<i>Mimus polyglottos</i>	31.50 $\pm$ 22.39	4
<i>Icterus parisorum</i>	44.3 $\pm$ 2.5	2
<i>Icterus wagleri</i>	30.33 $\pm$ 7.09	3
<i>Toxostoma curvirostre</i>	60.41 $\pm$ 15.30	4
<i>Campylorhynchus jocosus</i>	38.5 $\pm$ 8.22	2
<i>Aimophila mystacalis</i>	21.00 $\pm$ 17.7	2

## Experimentos de germinación:

Los experimentos de germinación realizados con las semillas de pitaya que pasaron a través del tubo digestivo de aves y mamíferos, mostraron que para la mayoría de las especies de aves la radícula emergió entre el cuarto y sexto día (Figura 9). En el caso de *Mimus polyglottos* (Cenzontle) las semillas que pasaron por su tubo digestivo

comenzaron a germinar al cuarto día y se obtuvo el máximo porcentaje de germinación a los diez días. Para *Icterus parisorum* (*Calandria tunera*) el máximo de la germinación se obtuvo a los 18 días y para el resto de las especies la germinación máxima ocurrió entre los 23 y los 31 días. En el control y en los mamíferos el máximo de la germinación ocurrió a los 20 días.

El análisis de porcentajes de la germinación (Figura 10 y Tabla 6) muestran que Cenizote (*M. polyglottos*) presenta la mayor germinación  $88.28 \% \pm 3.09$ , mientras que las aves; Matraca (*C. jocosus*),  $55.08 \pm 20.9$ , Mosquitero (*M. tyrannulus*)  $63.10 \pm 20.7$ , Carpintero (*P. scalaris*)  $71.12 \pm 12.3$  y la zorra (*U. cineroargenteus*)  $72.7 \pm 18.09$ , presentaron los porcentajes más bajos. Finalmente las aves; *I. wagleri*, *I. parisorum*, *M. hypopolius*, *T. curvirostre*, y los murciélagos; *S. liliium* y *L. curasoae* no presentaron diferencias con respecto al control ( $78.12 \pm 22.4$  y  $81.62 \pm 27.2$ , ( $P < 0.0001$ ) (Tabla 5).

Tabla. 5 Análisis de varianza (ANOVA), Para comparar entre el número de semillas germinadas, provenientes de las defecaciones de 8 aves y tres de mamífero.

Fuente de variación	Grados de libertad (GL)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrados medios (CM)	F	F 0.01
Tratamiento	11	574995.8	52272.3	122.8867 *	2.39
Error	6290	2675578.1	425.4		
Total	69301	3250573.9	515.9		

\* = valor significativo

Tabla 6. Media y error estándar del número de semillas totales germinadas, (%) considerando a todas las especies que se alimentaron de los frutos, en el Cerro Cutá, Zapotitán Salinas. n = 12

<b>Especie (frugívoros)</b>	<b>Media</b>	<b>Error estándar</b>
<i>Mimus polyglottos</i>	88.28	3.0915
<i>Toxostoma curvirostre</i>	82.32	0.6647
<i>Melanerpes hypopolius</i>	80.57	0.9096
Control	81.64	1.27
<i>Icterus wagleri</i>	78.12	0.9783
<i>Leptonycteris curasoae</i> *	79.07	0.6427
<i>Stumira liliium</i> *	79.58	1.2326
<i>Icterus parisorum</i>	76.25	1.7890
<i>Urocyon cinereoargenteus</i> *	72.75	0.6542
<i>Picoides scalaris</i>	71.12	0.6673
<i>Miyarchus tyrannulus</i>	63.10	0.6726
<i>Campylorhynchus jocosus</i>	55.08	0.6793

\* = mamíferos

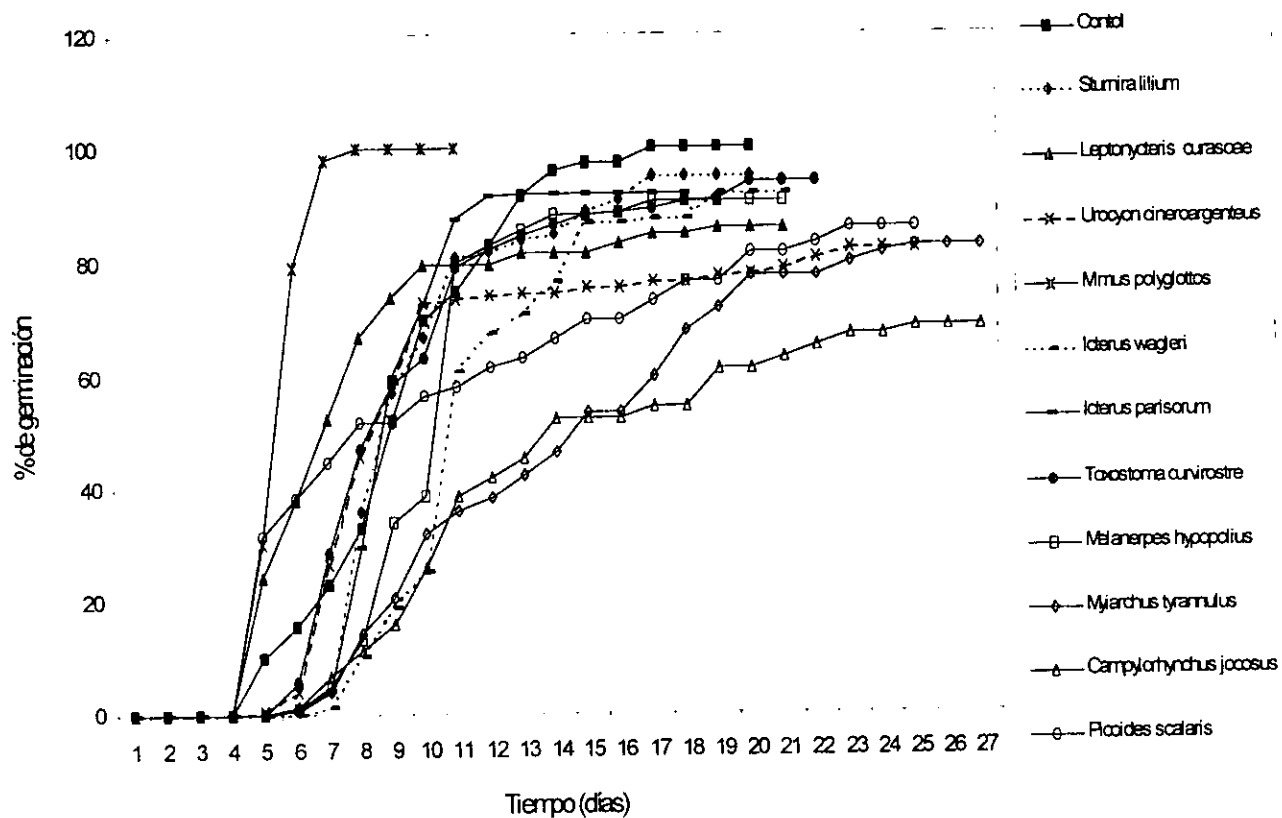


Figura 9. Velocidad de germinación de semillas de *S. pruinosus* obtenidas de la defecación de diferentes especies de aves y mamíferos alimentados con fruta en cautiverio capturados en la cima del Cerro Cutá, en Zapotitlán de las Salinas, Puebla.

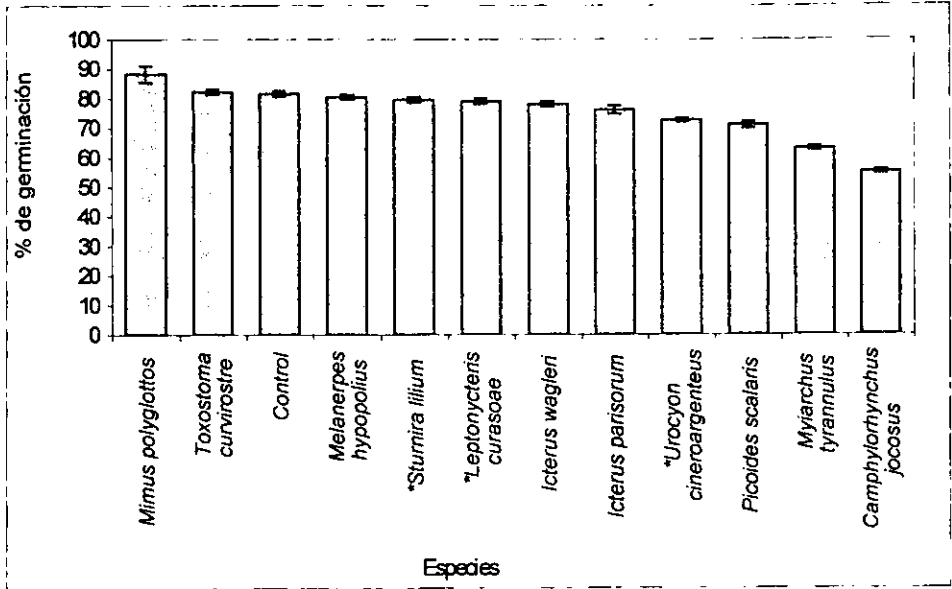


Figura 10. Porcentajes máximos de germinación de las semillas, ( $x \pm$  error estándar) obtenidas de las defecaciones de aves y mamíferos (\*) que se mantuvieron en cautiverio y fueron alimentadas con frutos de pitaya en el Cerro Cutá en Zapotitlán Salinas, Puebla.

## Efectividad

Con la frecuencia de visitas de las aves frugívoras y el porcentaje de germinación se estimó el índice de efectividad (Tabla 7). Obteniendo para *M. hypopolius* un valor de 0.219, lo cual es una diferencia de casi 100 % con respecto a *T. curvirostre*. Mientras que *M. polyglottos* e *I. wagleri* presentan valores más bajos aunque similares. Y se considero de poca efectividad a los demás dispersores por tener valores muy bajos.

Para los mamíferos como no contamos con frecuencia de visitas no se pudo calcular el índice de efectividad.

Tabla 7. Efectividad de dispersión de las diferentes especies frugívoras en *S. pruinosus*.

Espece	Frecuencia de visitas (Visitas / hr).	Germinación (% 0-1)	Efectividad
<i>Melanerpes hypopolius</i>	0.1752	0.80	0.219
<i>Toxostoma curvirostre</i>	0.1492	0.82	0.1223
<i>Mimus polyglottos</i>	0.1168	0.88	0.1027
<i>Icterus wagleri</i>	0.1038	0.78	0.0809
<i>Myiarchus tyrannulus</i>	0.0687	0.63	0.0432
<i>Icterus parisorum</i>	0.0428	0.76	0.0325
<i>Picoides scalaris</i>	0.0298	0.710	0.0211
<i>Camphylorhynchus jocosus</i>	0.042	0.55	0.0235

## DISCUSIÓN

Generalmente se considera que los frutos ornitocóricos presentan pericarpelo y pulpa de colores muy llamativos como son el naranja y el rojo, además de una alta concentración de carbohidratos (Foster, 1990; Baker, 1998). Los frutos de *Stenocereus pruinosus* se ajustan a este síndrome y en este estudio se corroboró que son consumidos por un número importante de aves, si bien también forma parte de la alimentación de mamíferos voladores y terrestres. El análisis de los frutos reveló que el contenido de carbohidratos fue alto de 15.05 %, mientras que los lípidos (7.68 %) y los aminoácidos (8.26 %), considerados como alimento fundamental, y revelando un alto contenido energético, de manera que los vertebrados que se alimentan de ellos requieren consumir una mayor cantidad de los mismos para cubrir sus requerimientos nutritivos diarios (Baker, 1998). Algo similar ha sido observado en cuanto a la baja concentración de carbohidratos en el néctar consumido por vertebrados lo que asegura una mayor tasa de visitas a las flores (Heithaus, *et al.* 1975).

La planta se encuentra ampliamente distribuida en el Valle de Tehuacán y presenta un amplio periodo de fructificación entre febrero y mayo, y alta producción de frutos (Cortez, 1997) meses en los que existen pocas plantas que ofrecen frutos carnosos en esta zona árida, como el comienzo de fructificación de *Neobuxbaumia tetetzo* en la parte baja del Cerro y de *Myrtillocactus geometrizans* en la cima del cerro cutá (Rojas-Martínez, 1996; Godínez-Alvarez, 2000; Pérez Villafaña, 2000). Algunos autores han sugerido que las especies zoocóricas separan sus periodos de floración y fructificación para evitar la competencia interespecífica por polinizadores o dispersores (Fleming, 1981). En esta época sólo los frutos de *Myrtillocactus geometrizans* y *Pachycereus weberi*, *Neobuxbaumia tetetzo* están disponibles en las selvas bajas del Valle de Tehuacán (Rojas-Martínez, 1996; Godínez-Alvarez, 2000; Pérez Villafaña, 2000).

De las aves que se observaron visitando las plantas de *Stenocereus pruinosus*, prácticamente todas consumen los frutos aunque con diferentes consecuencias, 10 especies son frugívoras y dispersoras reales, 4 son depredadoras de semillas, 11 pueden considerarse consumidoras accidentales y cuatro actúan como parásitas del

sistema porque comen el jugo de la pulpa (Figura 8) pero no ingieren las semillas como los colibríes. La pitaya es muy buscada en esta época, como muestra la curva de especies acumuladas, (Figura 6) en la que se observó que se capturó al 100 % de las aves visitantes de las plantas a los 13 días de trabajo. Las aves observadas representan al 86 % de las aves frugívoras reportadas en el Valle de Tehuacán (Arizmendi y Espinosa de los Monteros, 1996) lo que demuestra la importancia de este recurso para las aves en esta temporada. El carpintero *Melanerpes hypopolius* presentó un número mayor de visitas a la planta, pero por su forma de forrajear no es una especie que dispersa las semillas eficientemente debido a que permanece en el sitio por mucho tiempo y se mueve de cactácea en cactácea (pitaya), defecando probablemente en el sitio. En contraste Cenzontle (*M. polyglottos*), Calandria (*I. waglen*), Cuitlacoche, (*T. curvirostre*) consumen los frutos y no permanecen mucho tiempo en el parche, esto hace suponer que son dispersores eficientes que transportan las semillas lejos de la planta progenitora. La mayoría de las especies registradas pueden considerarse dispersadoras de semillas, exceptuando a las especies, Paloma (*Zenaida asiatica*), Gorrion mexicano (*Carpodacus mexicanus*) y el Tigrillo (*Pheucticus melanocephalus*) que son depredadoras de semillas ya que por tener molleja lo que hacen destruir la semilla. Las aves en la mayoría de los casos defecan cuando están perchadas (Gorchov, *et al.* 1993) por lo que depositan las semillas en sitios de alta calidad para las cactáceas, a la sombra de los arbustos (Valiente-Banuet y Ezcurra, 1991; Valiente-Banuet, 1991a; Godínez-Alvarez, 2000).

Las aves y los murciélagos frugívoros proporcionan una dispersión de calidad, ya que sólo consumen frutos maduros con semillas maduras y frecuentemente las depositan en sitios lejanos, adecuados y apartados de los depredadores.

El tiempo que tardan los animales en defecar las semillas que ingirieron es importante para la dispersión, debido a que esto puede estar directamente relacionado con la distancia a la que transporta las semillas; (Fleming y Sosa, 1994; Galindo-González, 1998).

Las aves tardaron en promedio 20 a 30 min en defecar las semillas. Sin embargo la Calandria tunera, (*Icterus parisorum*) presentó un promedio de 44 min y *Toxostoma* de 60 min con 40 seg. de retención de las semillas en el tubo digestivo.



Para las plantas no solo es importante la distancia sino además el sitio en el que se depositan las semillas (Valiente-Banuet y Ezcurra, 1991).

El tránsito de semillas a través de los intestinos de los murciélagos varía entre los 20 y 40 min (Fleming, 1988) y a pesar de que fueron raros en este estudio, pueden ser considerados importantes debido a que algunos como *Leptonycteris cusasoae* puede hacer recorridos de aproximadamente 100 km cada noche, lo que tiene implicaciones importantes en la distancia a las que son dispersadas las semillas. (Fleming y Heithatus, 1981; Fleming y Williams, 1990; Galindo-González, 1998). Sin embargo Godínez Alvares (2000) reporta que el murciélago (*Leptonycteris carasoae*) resulto ser una especie dispersora legítima de la cactácea *Neobuxbaumia tetetzo*, el cual dispersa las semillas a sitios seguros, y Pérez-Villafañá (2000) reporta al ave (*Phainopepla nitens*) Capulinerio negro, como la dispersora legítima de *Myrtillocactus geometrizans* aparte de que es una especie relativamente abundante en la Cima del cerro Cutá.

Los resultados de este estudio mostraron que los frutos zoocóricos que presenta *S. pruinosus* proporcionan beneficios importantes para la planta como la dispersión a distancia y dirigida hacia sitios ideales bajo las plantas nodrizas. Sin embargo la planta recibe beneficios adicionales sobre la germinación de las semillas proporcionado por *Mimus polyglottos* y *Toxostoma curvirostre*. Estas especies presentaron alta incidencia de visitas, alta permanencia sobre las plantas, mayor tiempo de retención de las semillas en el tubo digestivo y aceleró la germinación significativamente, por lo que son consideradas las mejores dispersoras diurnas. Y presentar una efectividad alta (Tabla 7). El papel de los murciélagos parece ser importante por la gran distancia a la que pueden mover las semillas, en este contexto podrían ser importantes para colonizar nuevas áreas, sin embargo requieren de mayor atención en su estudio.

## CONCLUSIÓN

Las aves y murciélagos contribuyen en forma importante al mantenimiento de la diversidad vegetal, por lo tanto la dispersión de semilla por aves frugívoras a nuevas áreas son ecológicamente importantes.

Los frutos de la pitaya son dispersados por dos especies de aves que resultaron ser legítimas dispersoras el Cenzontle y el Cuillacoche, que llevan sus excretas a lugares lejanos para su germinación, Sin embargo, esto no significa un éxito en el establecimiento de las plántulas, pues para lograrlo es necesario que las semillas lleguen a lugares protegidos contra la excesiva insolación y estas condiciones dependen en gran medida de la calidad de las plantas nodrizas. Las aves como *Mimus polyglottos*, *Icterus wagleri*, *Toxostoma curvirostre*, son consideradas como dispersoras legítimas de la cactácea columnar *Stenocereus pruinosus*. Estas aves frugívoras contribuyen en forma importante al mantenimiento de la diversidad vegetal y/o en la dinámica poblacional.

Aunque los murciélagos en este estudio resultaron poco efectivos, debido a falta de datos no cabe duda que son dispersores legítimos de una gran cantidad de plantas en diferentes tipos de ambientes.

Y aún cuando el papel general de las aves en la regeneración de la vegetación ha sido determinado, pocos patrones universales han sido encontrados pues hace falta entender más a fondo el proceso de dispersión de semilla por aves y mamíferos. En muy pocos casos se sabe el efecto final que tiene las aves en el establecimiento de los propágulos de una especie de planta en particular (sobre todo después de que estas pasaron por el filtro de depredadores, herbívoros, patógenos y condiciones ambientales adversas). Esto puede ser debido a la dificultad que existe en campo para determinar el destino de una semilla, sobre todo después de que ésta ha sido ingerida por un ave o murciélago.

## BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, T., S.T. Álvarez-Castañeda y J.C. López-Vidal. 1994. *Claves para murciélagos mexicanos*. Coedición No.2 Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. y Esc. Nac. Cienc. Biol. IPN. México. 65 pp.
- Aranda, S. J.M. 1981. *Rastro de los mamíferos silvestres de México*. Manual de campo. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bioticos; Xalapa Ver. México. 193 pp.
- Arizmendi, Ma del C. y A. Espinosa de los Montero. 1996. Avifauna de los bosques de cactáceas columnares del Valle de Tehuacán, Puebla. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 67: 25-46
- Arizmendi, Ma del C., Ornelas F. y Valiente-Banuet A. 1998. Birds as pollinator of columnar cacti. En *Memorias de International workshop on the evolution Ecology and Conservation of the columnar cacti and their mutualists*. Valiente-Banuet A. y T.H. Fleming (eds.), pp 30.
- Baker, H. G., I. Baker, S. A. Hodges. 1998. Sugar Composition of nectars and fruits consumed by birds and bats in the tropics and subtropics. *Biotropica* 30 (4): 559-586.
- Berg, R.Y. 1972. Dispersal ecology of *Vancouveria* (Berberidaceae) *American Journal of Botany*. 59:109-122.
- Berg, R.Y. 1975. Myrmecochorous plants in Australia and their dispersal by ant. *Australian Journal Botany*. 23:475-508
- Bravo-Hollis, Elia. 1978. *Las cactáceas de México*. Vol.1, U.N.A.M. México. D.F.
- Coates-Estrada, R. y A. Estrada. 1986. *Manual de identificación de campo de los mamíferos de la estación de biología "Los Tuxtlas"*. U.N.A.M. México D.F. 151pp.
- Casas, A., B. Pickersgill, J. Caballero y A. Valiente-Banuet. 1997. Ethnobotany and domestication in Xoconochtlí, *Stenocereus stellatus* (Cactaceae), in the Tehuacan Valley and La Mixteca Baja, México. *Economic Botany*. 51: 279-292.

- Cortez-Díaz, V. 1997. *El papel de los visitantes en la biología de la polinización de Stenocereus pruinosus en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, México* Tesis de Licenciatura. Iztacala. Edo de México.
- Dávila, A. P., J. L. Villaseñor, L. R. Medina, R. A. Ramírez, T. A. Salinas, J. Sánchez-ken y L. P. Tenorio. 1993. *Listado florístico de México. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*. U.N.A.M. Instituto de Biología, 195 p.
- Fener, M. 1978. A comparison of the abilities of colonizers and closed-turf species to establish from seed in artificial swards, *Journal Ecology*. 66: 953-963.
- Fener, M. 1985 *Seed Ecology* Chapman and Hall. London, New York. 151 pp.
- Fleming, T. H. y E.R. Heithaus. 1981. Frugivorous bats, seed shadows, and the structure of tropical forests. *Biotropica* 13 (suppl.): 45-53.
- Fleming, T. H. 1988. *The short-tailed fruit bat: a study in plant-animal interactions*. University of Chicago Press. 365 pp.
- Fleming, T. H. y Ch. F. Williams. 1990. Phenology, seed dispersal, and recruitment in *Cecropia peltata* (Moraceae) in Costa Rica tropical dry forest. *Journal Tropical Ecology*. 6: 163-178.
- Fleming, T.H. y V. Sosa. 1994. Effects of nectarivorous and frugivorous mammals on reproductive success of plants. *Journal of Mammalogy* 75:845-851
- Flores R., M. A. M. Roa, B. Flores y R. Bustamante. 1995. Producción e industrialización de la pitaya en la región mixteca poblana-Oaxaqueña. En *Memorias del 1º Simposium Internacional sobre pitaya y frutas afines. División de Ciencias Forestales y del Ambiente*. Universidad Autónoma de Chapingo México, pág 50.
- Foster, M. S. 1990. Factors influencing birds foraging preferences among conspecific fruit tree. *The Condor*. 92: 844-854
- Galindo-González, J. 1998. Dispersión de semilla por murciélagos: su importancia en la conservación y regeneración de un Bosque tropical. *Acta Zoológica Mexicana*. (n.s.). 73: 57-74.
- García, E. 1981. *Modificación al sistema de clasificación climática de Köeppen*. Instituto de Geografía. U.N.A.M. México D.F.

- Godínez-Alvarez, H.O. y A. Valiente-Banuet. 1998. Germination and early seedling growth of Tehuacan Valley cacti species: the role of soils and seed ingestion by dispersers on seedling growth. *Journal of Arid Environments* 39:21-31
- Godínez-Alvarez, H.O. y A. Valiente-Banuet, L. Valiente-Banuet. 1999. Biotic interactions and the population dynamics of the long-lived columnar cactus *Neobuxbaumia tetetzo* in the Tehuacan Valley Mexico. *Canadian Journal of Botany*. 77: 203-208.
- Godínez Álvarez, H. O. 2000. *Dispersión Biotica de Semillas de Neobuxbaumia tetetzo (Coulter) Backeberg en el Valle de Tehuacán. Puebla*. Tesis Doctoral. Instituto de Ecología. UNAM. México
- González-Zertuche, L. y A. Orozco-Segovia. 1996. Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un Ejemplo: *Manfreda brachystachya*. *Bot. Soc. Bot. México*. 58: 15-30.
- González, M. y I. Peñalosa. 1981. *Métodos de biomoléculas*. ENEP Iztacala. UNAM México D.F. 308 pp.
- Gorchov, D.L., F. Cornejo, C. Ascarra y M. Jaramillo. 1993. The role of dispersal in the natural regeneration of rain forest after strip-cutting in the Peruvian Amazon En: Fleming, T. H. y A Estrada (Eds). *Frugivory and dispersal: Ecological and Evolutionary Aspects*. Kluwer. Academic Publishers. Belgium. 339-349.
- Granados, S. D. 1994. *Ecología y Dispersión de las plantas*. Universidad Autónoma de Chapingo. 111pp.
- Granados, S. D., B. J.A. Mercado y R. G.F. López. 1999. Las pitayas de México *Ciencia y Desarrollo*. México. 145:58-67.
- Grande, Z. S., H.J.P. Cruz, M. C. Pérez. 1995. Contenido nutricional de tallos de pitayo (*Stenocereus griseus*). En Memorias del 1° *Simposium Internacional sobre pitaya y frutas afines*. División de Ciencias Forestales y del Ambiente. Universidad Autónoma de Chapingo México pág 29.
- Gross, K.L. y P.A. Werner. 1982. Colonizing abilities of brennial' plant species in relation to ground cover; implications for their distributions in a successional sere. *Ecology* 63: 921-931. --
- Harper, J.L. 1977. *Population Biology of Plants*. Academic Press. New York.

- Heithaus, E. R., T. H. Fleming, P. A. Opler. 1975. Foraging patterns and resource utilization in seven species of bats in a seasonal tropical forest. *Ecology* 56: 841-854.
- Herrera, C. M. 1996. Vertebrate-dispersed plants: why they don't behave the way they should. En Estrada, A. and T. H. Fleming (eds.) *Frugivores and seed dispersal in the tropics*. W. Junk publishers, the Netherlands. 5-18 pp.
- Herrera, C. M. 1982. Seasonal variation in the quality of fruits and diffuse coevolution between plants and avian dispersers. *Ecology*. 63: 773-785.
- Herrera, C. M. 1984. A study of avian frugivores, bird-dispersed plants, and their interaction in Mediterranean Scrublands. *Ecological Monographs*. 54: 01-23.
- Herrera, C. M., P. Jordano, L. López-Soria y J. Amat. 1994. Recruitment of a most-fruiting bird disperse tree: bridging frugivory activity and seedling establishment. *Ecological Monographs*. 64: 315-344.
- Howe, H.F. y J. Smallwood. 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 13: 201-228.
- Howe, H.F. 1986. Seed dispersal by fruit-eating birds and mammals. En: D.R. Murray (editor). *Seed dispersal*. Academic Press. Australia. 123-190
- Howell, N.G. y S. Webb. 1995. *A guide to the Birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford University Press.
- Huerta, P.C. 1998. *Crecimiento y análisis químico del fruto de Escontria chiotilla (Weber) Rose y Stenocereus pruinosus (Otto) Buxbaum; en venta salada*. Puebla. Universidad Nacional Autónoma de México. Campus Iztacala 61 pp.
- Hutto, R.L., J.R. McAuliffe y L. Hogan. 1986. Distributional associates of the Saguaro (*Carnegiea gigantea*). *The Southwestern Naturalist*. 31(4): 469-476
- Janzen, D.H. 1983. Tropical blackwater river, animals and most fruiting by the Dipterocarpaceae. *Biotropica*. 6(2): 69-103.
- Janzen, D.H. 1984. Dispersal of small seeds by big herbivores: Foliage is the fruit. *American Naturalist*. 123: 338-353.
- Jordano, P. 1992. Fruits and frugivory. Pág 105-156. En Fenner, M., Editor. *Seed: the ecology of regeneration in plant communities*. CAD International. Wallingford, U.K.

- Medellin , A. y O. Gaona. 1999. Seed dispersal by bats and birds in forest and disturbed habitats of Chiapas, México. *Biotropica*. 31(3): 478-485.
- Nassar, J.M., N. Ramírez y O.Linares. 1997. Comparative pollination biology of Venezuela columnar cacti and the role of nectar-feeding bats in their sexual reproduction. *American Journal of Botany*. 84 (7): 918-927
- National Geographic Society. 1983. *Field Guide to the Birds on North American*. Washington. 464 pp.
- Nobel, P.S. 1989. Temperature, water availability, and nutrient levels at various soil-consequences for shallow-rooted desert succulents. *American Journal Botany*. 76 (10): 1486-1492.
- Ortiz-Pulido, R. 1994. *Frugivoría y dispersión de semillas por aves en el Morro de la Mancha*, Tesis de licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. México. 43pp
- Ortiz-Pulido, R. 1997. Actividades frugívoras de *Tyrannus forficatus* en un mosaico de vegetación durante la migración. *Omitología Neotropical*. 8: 237-239.
- Ortiz-Pulido, R., J. Laborde y S. Guevara. 1999. Frugivoría por aves en un paisaje fragmentado: Consecuencia en la dispersión de semillas. *Biotropica*.
- Osorio, B. O. 1996. Descripción de la vegetación en los alrededores del cerro el Cuta en el Valle de Zapotitlan de las Salinas Edo. de Puebla. Tesis de Licenciatura U.N.A.M. Facultad de Ciencias.
- Perez-Villafañá M. G. 2000. Dispersión de semilla biótica de *Myrtillocactus geometrizans* en el Valle de Tehuacán, Puebla. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología 47 pp.
- Peterson, R. y E.L. Chalif. 1989. *Aves de México Guía de campo* Houghton Mifflin Company Boston.
- Ramírez-Pulido, J. y A. Castro-Campillo, A. 1994. *Bibliografía reciente de los mamíferos de México 1989/1993*. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. 216 pp.
- Rebollar A. A., Romero, P. J., Cruz, H. P., Zepeda C. H. 1998. *El cultivo de la pitaya (Stenocereus spp), una alternativa para el trópico seco del Estado de*

- Michoacán. Universidad Autónoma de Chapingo; Centro Regional Universitario Centro Occidente, 71pp.
- Rojas-Martínez, A.E. y A. Valiente-Banuet. 1996. Análisis comparativo de la quiroptero fauna del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla-Oaxaca. *Acta Zoológica Mexicana*. (n.s). 67:1-23
- Rzedowski, J. 1986. *Vegetación de México*. Limusa. 432 pp.
- Sánchez-Mejorada, H. 1973. Nuevas Cactáceas de la Nueva Galicia. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*. 18: 87-93
- Schupp, E. W. 1993. Quantity, quality and the effectiveness of seed dispersal by animals, *Vegetatio* 107/108: 15-29
- Snow, D.W. 1971 Evolutionary aspects of fruit eating by birds. *Ibis*. 113: 194-202.
- Soberon, M.J. y J. Llorente. 1993. The Uses of Species Accumulation functions for the Prediction of Species Richness. *Conservation Biology*. 7(3): 480-488.
- Sosa, M. y P.J. Soriano. 1993. Solapamiento de dieta entre *Leptonycteris curasoae* y *Glossophaga longirostris* (Mammalia: Chiroptera). *Revista de Biología Tropical*. 41(3): 529-532
- Stiles, E. W. 1989. Fruits, seed, and dispersal Agents. In *Plants-Animal Interactions*. Warren G. A. Department of Biology. Buknell, University, Ed. Mc Graw-Hill 481 pp.
- Van der Pijl 1982. *Principles of dispersal in higher plants Springer-Verlag*, Berlin. 214 pp.
- Valiente-Banuet, A. y 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. *Journal of Ecology*. 79: 961-971.
- Valiente-Banuet, A., F. Vite, J.A. Zavala-Hurtado. 1991a. Interaction between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse shrub *Mimosa luisana*. *Journal of Vegetation Science*. 2: 11-14.
- Valiente-Banuet, A., O. Briones, A. Bolognaro-Crevenna, E. Ezcurra, M. Rosas, H. Nuñez, G. Barnard y E. Vázquez. 1991b. Spatial relations between Cacti and nurse shrubs in a semi-arid environment in Central México. *Journal of Vegetation Science*. 2: 15-20.



- Valiente-Banuet, A., M.C. Arizmendi, A. Rojas-Martínez y L. Domínguez-Canseco. 1996. Ecological relationships between columnar cacti and, nectar-feeding bats in Mexico. *Journal of Tropical Ecology*. 12:103-119.
- Valiente-Banuet, A., A. Rojas-Martínez, M.C. Arizmendi y P. Dávila. 1997. Pollination biology of two columnar cacti (*Neobuxbaumia mezcalaensis* and *Neobuxbaumia macrocephala*) in the Tehuacan Valley Central Mexico. *American Journal of Botany*. 84 (4): 452-455.
- Valiente-Banuet, A., A. Rojas-Martínez, A. Casas, M.C. Arizmendi y P. Dávila. 1997a. Pollination biology of two winter-blooming giant columnar cacti in the Tehuacan Valley, Central Mexico. *Journal of Arid Environments*. 37: 331-341.
- Villaseñor, R. J. L., A. P. Dávila y F. Chiang. 1990. Fitogeografía del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 50:135-149
- Wheelwright, N.T. 1991. How long do fruit eating birds stay in plants where they feed ? *Biotropica* 23 (1): 29-40
- Zavala, H. J. A. 1980. *Estudios ecológicos en el Valle semiárido de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, Clasificación de la Vegetación*. Tesis de Licenciatura. Ciencias. UNAM. 158 pp.