

184



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

CONSUMO ANUAL DE FRUTOS DE CACTÁCEAS COLUMNARES EN EL VALLE DE TEHUACÁN-CUICATLÁN POR EL MURCIÉLAGO *Leptonycteris curasoae*, DEDUCIDO POR LA IDENTIFICACIÓN DE SEMILLAS DEPOSITADAS EN UNA CUEVA.

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
B I Ó L O G A  
P R E S E N T A :  
MÓNICA SALINAS ROSALES



DIRECTOR DE TESIS  
M. en C. ALBERTO ENRIQUE ROJAS MARTÍNEZ



296532



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**M. EN C. ELENA DE OTEYZA DE OTEYZA**

Jefa de la División de Estudios Profesionales de la  
Facultad de Ciencias  
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:  
"Consumo anual de Frutos de cactáceas columnares en el Valle de  
Tehuacán-Cuicatlán por el murciélago Leptonycteris curasoae,  
deducido por la identificación de semillas depositadas en una cueva."

realizado por Mónica Salinas Rosales

con número de cuenta 9135718-0 , pasante de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis  
Propietario

M. en C. Alberto Enrique Rojas Martínez

Propietario

Dr. Luis Gerardo Herrera Montálvo

Propietario

Dr. Héctor Octavio Godínez Alvarez

Suplente

M. en C. Raúl Contreras Medina

Suplente

Biól. Edgar Camacho Castillo

*[Firma]*  
*[Firma]*  
*[Firma]*  
*[Firma]*  
**Edgar Camacho C.**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**U.N.A.M.**

Consejo Departamental de Biología



DRA. PATRICIA RAMOS MORALES

**DEPARTAMENTO  
DE BIOLOGIA**

A MI PAPÁ Y MI MAMICHI, GRACIAS POR LA CONFIANZA, POR EL APOYO, POR CREER EN MI Y SOBRE TODO POR SU CARÍÑO LOS AMO.

A SANDRA Y OSCAR, GRACIAS POR ESTAR SIEMPRE AHÍ, Y GRACIAS POR TODO LO QUE ME HAN ENSEÑADO Y APOYADO.

A LIZARDO, GRACIAS POR SER MI COMPAÑERO, MI COMPLICE Y TODO, PERO SOBRE TODO, GRACIAS POR COINCIDIR CON MIGO.

A ARTURO Y DIEGO, GRACIAS POR ILUMINAR MI VIDA CON SUS SONRISAS.

ABUELITO RAMÓN, GRACIAS POR TODO!!

## AGRADECIMIENTOS

QUIERO AGRADECER A MI DIRECTOR DE TESIS EL DR. ALBERTO E. ROJAS MARTÍNEZ POR EL APOYO BRINDADO EN LA REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO, POR DARMÉ LA OPORTUNIDAD DE TRABAJAR CON UN GRUPO DE MURCIÉLAGOS TAN INTERESANTE Y POR TODO LO QUE DE ÉL HE APRENDIDO.

TAMBIÉN QUIERO HACER UN AGRADECIMIENTO MUY ESPECIAL AL DR. ALFONSO VALIENTE BANUET, POR EL APOYO BRINDADO DURANTE ESTE TRABAJO.

AGRADEZCO EL APOYO DE EL LABORATORIO DE COMUNIDADES DEL INSTITUTO DE ECOLOGÍA DE LA UNAM, AL FONDO MEXICANO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA FMCN (Proyecto A1-97-36) y a DGAPA (Proyecto IN-207798) UNAM, PARA LA REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO.

DE TODO CORAZÓN AGRADEZCO A MI FAMILIA, POR EL APOYO QUE INCONDICIONALMENTE SIEMPRE HAN MOSTRADO HACIA MI, A LIZARDO POR SU AYUDA INCONDICIONAL SIEMPRE, AL IGUAL QUE MIS AMIGOS QUE SIEMPRE HAN ESTADO EN EL MOMENTO JUSTO.

TAMBIÉN UN AGRADECIMIENTO ESPECIAL A MIS SINODALES, QUE ME HICIERON EL FAVOR DE HACER CORRECCIONES MUY VALIOSAS Y POR DAR IDEAS PARA MEJORAR ESTE TRABAJO.

Y EN GENERAL A TODAS LAS PERSONAS QUE CONTRIBUYERON EN ESTE TRABAJO, A TODAS LAS QUE ME HAN AYUDADO Y APOYADO, POR SUPUESTO ESTE TRABAJO TAMBIÉN ES SUYO.

MIL GRACIAS.

## ÍNDICE

<b>Resumen</b> .....	2
<b>I. Introducción</b> .....	4
<b>II. Objetivos</b> .....	10
<b>III. Hipótesis</b> .....	11
<b>IV. Materiales y Método</b> .....	12
<b>IV.1 -Área de Estudio</b> .....	12
IV.1.1 El Valle de Tehuacán-Cuicatlán.....	12
IV.1.2 La Cueva del Obispo.....	13
<b>IV.2 Método</b> .....	16
IV.2.1 Recolección de heces y semillas.....	16
IV.2.2 Identificación de semillas por especie.....	17
IV.2.3 Recolección de semillas en la cueva y fenología frutal.....	17
IV.2.4 Abundancia estacional de semillas.....	17
IV.2.5 Promedio de peso.....	17
IV.2.6 Características de las semillas.....	18
<b>V. Resultados</b> .....	20
V.1 Presencia estacional de Semillas.....	20
V.2 Presencia de semillas y fenología frutal.....	21
V.3 Número de semillas por especie.....	22
V.4 Abundancia estacional de semillas.....	24
V.5 Peso promedio mensual de la muestra.....	26
V.6 Abundancia estacional de semillas lisas y rugosas.....	26
V.7 Presencia estacional de semillas lisas y rugosas.....	27
<b>VI. Discusión</b> .....	31
<b>VII. Conclusiones</b> .....	44
<b>VIII. Literatura Citada</b> .....	46

## RESUMEN

La cueva del Obispo en San Juan Nochixtlán, Oaxaca, es un refugio permanente para *Leptonycteris curasoae* y se encuentra en el Valle de Tehuacán, este refugio permite conocer los hábitos alimenticios del murciélago y los cambios que éstos presentan a lo largo del año.

Durante los 18 meses de este trabajo, se encontró que *L. curasoae* se alimenta de los frutos de 21 especies de cactáceas columnares en el Valle de Tehuacán a lo largo del año, esto se comprueba por la presencia a lo largo del año del murciélago en la cueva del Obispo. Durante el periodo de primavera-verano se alimentó de las 21 especies de cactáceas identificadas en su dieta y en el otoño-invierno el máximo de especies encontradas fue de 14. Los meses en los cuales se encontró la mayor riqueza de especies fue mayo de 1999 con las 21 especies y marzo de 1999 con 20 especies de semillas de cactáceas, mientras que los meses con menor riqueza fueron noviembre y diciembre de 1997.

En total se contabilizaron 31,895 semillas, la especie que más se encontró fue *Stenocereus dumortieri* con 12,231 semillas a lo largo del trabajo.

Se observó que *L. curasoae* utiliza en su dieta durante todo el año los frutos de las cactáceas, pero presenta dos picos importantes dentro de los periodos comprendidos entre primavera-verano. Al comparar la fenología encontrada en la cueva con un fenograma existente, se observó que el patrón de fructificación de las cactáceas en el Valle de Tehuacán no fue igual al citado y difiere en algunas especies marcadamente.

Las semillas de cactáceas mas frecuentes en la cueva fueron las mas pequeñas y además las que tenían la testa rugosa, se encontraron en general en mayor proporción que las semillas grandes y con testa sin ornamentaciones, o testa lisa.

El consumo de frutos en el Valle de Tehuacán por *L. curasoae* es importante, esto se deduce por la gran cantidad de semillas encontradas en la cueva del Obispo y por la variedad de especies de estas que son transportadas hasta la cueva por el murciélago durante todo el año.

También se observa la importancia del Valle de Tehuacán para la conservación de este murciélago, por su gran cantidad de especies de cactáceas que proporcionan alimento a los murciélagos (néctar, polen y fruta).

*Leptonycteris curasoae*, es un dispersor de las cactáceas columnares en el Valle de Tehuacán, y no sólo un polinizador, como era catalogado anteriormente.

## I. INTRODUCCIÓN

*Leptonycteris curasoae* Miller 1900, es un murciélago nectarívoro perteneciente a la familia Phyllostomidae, subfamilia Glossophaginae. Habita en las zonas áridas y semiáridas de Norte América, principalmente en los bosques espinosos y tropicales caducifolios (Álvarez y González, 1970; Heithatus, 1982; Arita 1991). Su área de distribución comprende desde Centroamérica, hasta la parte sudoeste de los Estados Unidos (Koopman, 1981), en los estados de Arizona y Nuevo México (Cockrum, 1991).

Este murciélago se alimenta principalmente de néctar y polen de cactáceas columnares, agaves, bombacáceas, convolvuláceas y leguminosas (Álvarez y González, 1970; Hayward y Cockrum, 1971; Howell, 1979; Quiroz *et al.*; 1986, Ceballos *et al.*, 1997), por lo que se considera que su alimentación está especializada en productos florales (Álvarez y González, 1970; Quiroz *et al.*, 1986). Aunque es conocido que también consume frutos de cactáceas en grandes cantidades (Sosa y Soriano, 1993; Fleming y Sosa, 1994; Rojas-Martínez, comunicación personal), existen pocos estudios que confirmen este componente de su alimentación en Norteamérica. Ocasionalmente se ha registrado que consume insectos (Gardner, 1977).

Actualmente *L. curasoae* es considerado como una especie amenazada en México (NOM-059-ECOL-1994) y en peligro en Estados Unidos (USFWS, 1986) aunque no existen estudios que demuestren esta situación en nuestro país (Rojas-Martínez *et al.*, 1999).

La especie ha sido estudiada en el Sudoeste de Estados Unidos y en el Noroeste de

México (Howell, 1974; Cockrum, 1991; Fleming, Nuñez y Sternberg, 1993; Fleming y Sosa, 1994). Sin embargo, en el resto de su área de distribución existe poca información sobre su presencia temporal, si bien han sido estudiados los hábitos alimenticios y su papel como polinizador y dispersor (Álvarez y González, 1970; Quiroz *et al.*, 1986; Valiente-Banuet *et al.*, 1996, 1997; Godínez-Álvarez y Valiente-Banuet, 2000).

*L. curasoae* es considerada una especie migratoria, esto es que se desplaza al norte de su distribución (Norte de Sonora y Sudoeste de Estados Unidos) durante la primavera, donde encuentra recursos alimenticios y condiciones ambientales favorables para reproducirse. Durante el otoño e invierno, cuando la floración termina en el norte, regresan hacia las regiones tropicales de México donde la especie tiene un segundo periodo de reproducción (Wilson, 1979; Cockrum, 1991). En la región central de México se ha observado que este murciélago se reproduce durante el otoño y el invierno (Wilson, 1979; Cockrum, 1991; Rojas-Martínez *et al.*, 1999; Cruz-Romo, 2001).

Sin embargo, la información reciente generada en la región centro-sur de México, propone que *L. curasoae* puede ser residente en esta parte del país, debido a que en ésta región los recursos alimenticios son abundantes y diversos durante todo el año ya sea como néctar, polen o frutos, (Valiente-Banuet *et al.*, 1996), por lo cual *L. curasoae* no necesita volar hasta el límite norte de su distribución para obtener alimento (Álvarez y González, 1970; Quiroz, *et al.*, 1986 ; Rojas-Martínez *et al.*, 1999), cabe mencionar que son necesarios mas estudios acerca de la alimentación y movimientos de éste murciélago en esta región.

La información sobre la alimentación de *L. curasoae*, en regiones extratropicales sugiere que el consumo de frutos es raro o accidental (Howell, 1979; Cockrum, 1991). En

contraste, se ha revelado que en su distribución tropical el consumo de frutos de cactáceas columnares es importante en la alimentación de este murciélago, lo cual no había sido considerado anteriormente (Soriano *et al.*, 1991; Fleming y Sosa, 1994; Rojas-Martínez, 2001).

Los frutos de las cactáceas pueden complementar los requerimientos alimenticios de *L. curasoae*, en periodos de escasez de néctar y polen (Sosa y Soriano, 1996).

En el Valle de Tehuacán, la Cuenca del Balsas y el Suroeste del Pacífico Mexicano, existen 45 de las 70 especies de cactáceas columnares que habitan en Norte América. Se ha considerado que por lo menos el 70% de ellas poseen síndrome de quiropterofilia, (Valiente-Banuet *et al.*, 1996), esto es la adaptación de las flores de estas plantas a murciélagos polinizadores y dispersores específicos, lo que ha provocado cambios en las plantas para facilitar ésta interacción (Baker *et al.*, 1998). Algunos de los cambios principales son los siguientes, flores solitarias o en inflorescencias expuestas que presentan antésis nocturna, tienen un color blanco, amarillo o verdoso, con anteras grandes y numerosas, olor fuerte y alta producción de polen y néctar (Quiroz *et al.*, 1986; Valiente-Banuet *et al.*, 1996).

Todas las especies de cactáceas columnares producen frutos con síndrome de zoocoria, que es la modificación de éstos para facilitar o mejorar la ingestión de frutos por los animales, algunos frutos de cactáceas columnares presentan características favorables para la ingestión por murciélagos, lo que se conoce como síndrome de quiropterocoria, que consiste en la producción de frutos olorosos, jugosos, blancos o amarillentos, a veces dehiscentes que exponen los arilos a los consumidores voladores y que se producen en la periferia de las plantas. Todas estas características resultan favorables para que los

murciélagos se alimenten de ellos (Humphrey y Bonaccorso, 1979; Valiente-Banuet *et al.*, 1996). La mayoría de los frutos que se conocen en la dieta de *L. curasoae* son producidos por cactáceas columnares de la tribu Pachycereeae (Rojas-Martínez, 2001).

*Leptonycteris curasoae* es un verdadero mutualista que actúa como polinizador y dispersor de las plantas que le proporcionan alimento (Thomas y Winter, 1991; Fleming y Sosa, 1994; Valiente-Banuet *et al.*, 1996; Valiente-Banuet *et al.*, 1997; Godínez-Álvarez y Valiente-Banuet, 1998). Por lo tanto existe una estrecha relación entre las cactáceas columnares y estos murciélagos.

*Leptonycteris curasoae* puede ser considerada como una especie clave por su gran importancia para mantener el equilibrio ecológico en regiones donde estas plantas son dominantes. Esto podría ejemplificarse con el trabajo realizado por Valiente-Banuet *et al.*, (1996), en el cual se estudió la biología floral de la cactácea *Neobuxbaumia tetetzo* ("tetecho") y se encontró que la producción de frutos y semillas depende totalmente de la visita de murciélagos a las flores nocturnas. Entre los visitantes nocturnos de esta planta se encontraron a los murciélagos *L. curasoae*, y *Choeronycteris mexicana*, los cuales se alimentan tanto de la flor (néctar y polen), como del fruto. Con este trabajo se concluye que para *N. tetetzo*, la interacción con los murciélagos es esencial para la producción de semillas y su dispersión. La participación de los murciélagos es considerada como clave en este proceso y es crucial para la conservación y el mantenimiento de ésta cactácea columnar dominante en el Valle de Tehuacán.

Otro ejemplo, es el estudio realizado por Godínez-Álvarez y Valiente-Banuet (2000), en el que se evalúan los efectos del consumo de fruta y la dispersión de semillas de la cactácea columnar *N. tetetzo*, por *L. curasoae* y *C. mexicana*. Los autores concluyen

que éstas especies de murciélagos son importantes como agentes dispersores, pero que el paso de las semillas por su tubo digestivo no favorece la germinación de estas plantas.

Los hábitos alimenticios de *L. curasoae*, se consideran bien estudiados, y las siguientes técnicas han sido aplicadas para determinar los componentes de su alimentación: 1) Contenido estomacal (Álvarez y González, 1970; Quiroz *et al.*, 1986); 2) Isótopos estables del Carbono (Fleming, Nuñez y Sternberg, 1993; Herrera, 1997); 3) Polen en el pelo (Petit, 1997; Arizmendi, comunicación personal).

En general, los métodos anteriores requieren de una inversión considerable de tiempo y de la toma de muestras grandes que cubran el ciclo anual de alimentación. Este tipo de muestras frecuentemente son difíciles de obtener. Además ninguno de los estudios realizados hasta ahora, está basado en el análisis de muestras provenientes de la misma localidad y que cubran un ciclo anual.

Al menos en Norteamérica, no se ha valorado la importancia del consumo de frutos por murciélagos.

El análisis de los restos alimenticios transportados hasta diferentes tipos de refugios diurnos y nocturnos han sido utilizados para estudiar la dieta en varias especies de murciélagos (Thomas y Winter, 1991). Éstos han resultado más completos, considerando que han revelado la existencia de algunos componentes de su alimentación que no habían sido detectados por otras técnicas.

Por este método se ha observado la presencia de semillas de cactáceas columnares en cuevas ocupadas por *L. curasoae* (Rojas-Martínez, 2001). Sin embargo, hasta ahora, la revisión sistemática de heces en las cuevas no ha sido utilizada para determinar la alimentación y en particular el consumo estacional de frutos por este murciélago

nectarívoro (Rojas-Martínez, comunicación personal).

Las colectas de heces fecales de *L. curasoae* dentro de las cuevas pueden proporcionar muestras del consumo temporal de frutos en una localidad determinada.

Hasta ahora no ha sido valorado el papel que tiene la fruta en el contexto de la alimentación, la migración o la residencia regional. Si el consumo de la fruta de cactáceas columnares es capaz de complementar la alimentación de *L. curasoae* en el centro de México, esto sería una razón adicional para afirmar que *L. curasoae* no realiza migraciones hacia el norte en busca de recursos alimenticios durante la primavera y el verano.

En la Cueva del Obispo, situada en el perímetro del Valle de Tehuacán se encuentra una población permanente de *Leptonycteris curasoae* (Cruz-Romo, 2001), que proporciona la oportunidad única de estudiar la frugivoría en un ambiente donde los frutos de cactáceas columnares están presentes todo el año (Rojas-Martínez *et al.*, 1999; Rojas-Martínez, 2001).

El análisis de las semillas transportadas hasta la cueva por vía digestiva puede proporcionar información nueva y confiable acerca de la importancia de los frutos en la alimentación anual de estos murciélagos, además de la riqueza y continuidad de recursos en el trópico mexicano.

## II. OBJETIVO GENERAL

Determinar los frutos de cactáceas consumidos estacionalmente por *Leptonycteris curasoae* en el Valle de Tehuacán, por medio de la identificación de semillas transportadas por la vía digestiva a la "Cueva del Obispo", en San Juan Nochixtlán, Oaxaca, México.

### Objetivos Particulares.

- Identificar y analizar la variación estacional de semillas transportadas a la cueva.
- Relacionar la presencia estacional de las semillas, con la fenología frutal de las cactáceas columnares del Valle de Tehuacán.
- Describir la frecuencia de tamaños y características de las semillas transportadas hasta la cueva.
- Discutir la importancia que tiene para *Leptonycteris curasoae* el consumo de frutos de cactáceas.

### III. HIPÓTESIS

Si se encuentran semillas de cactáceas columnares en las heces fecales de *Leptonycteris curasoae*, entonces los frutos son un componente importante en la alimentación de éste murciélago en el Valle de Tehuacán.

## IV. MATERIALES Y MÉTODO

### IV.1 Área de Estudio

#### IV.1.1 El Valle de Tehuacán-Cuicatlán

El Valle de Tehuacán-Cuicatlán está comprendido dentro de la provincia florística que recibe el mismo nombre. Es una región cálida semiárida, que mide 10,000 km<sup>2</sup>, situada en la porción centro-sur de México, ubicada al Sudoeste de Puebla y la región colindante de Oaxaca. Está localizado entre los 17°48'–18°58' de latitud N y 96°40'–97°43' de longitud W, y está aislado de la zona árida del Altiplano Mexicano. La precipitación promedio es de 495 mm anuales (Rzedowski, 1978) con una temperatura promedio de 21°C (García, 1988). La vegetación que ahí se desarrolla se caracteriza por su gran diversidad (2,750 especies), alta concentración de endemismos (30%) y por que las cactáceas columnares son elementos dominantes de gran importancia en la vegetación de la zona (Rzedowski, 1978; Dávila *et al.*, 1993; Valiente-Banuet *et al.*, 1996). Su flora muestra una clara afinidad con la provincia de la depresión del Balsas (Miranda, 1948), se caracteriza por la abundancia de matorrales xerófilos en la parte poblana y hacia el Sur (Sur de Puebla y Oaxaca) está constituida por bosques espinosos y selvas bajas caducifolias. En ellas las cactáceas columnares constituyen elementos dominantes de gran importancia (Rzedowski, 1978; Valiente-Banuet *et al.*, 1995; Rojas-Martínez y Valiente-Banuet 1996).

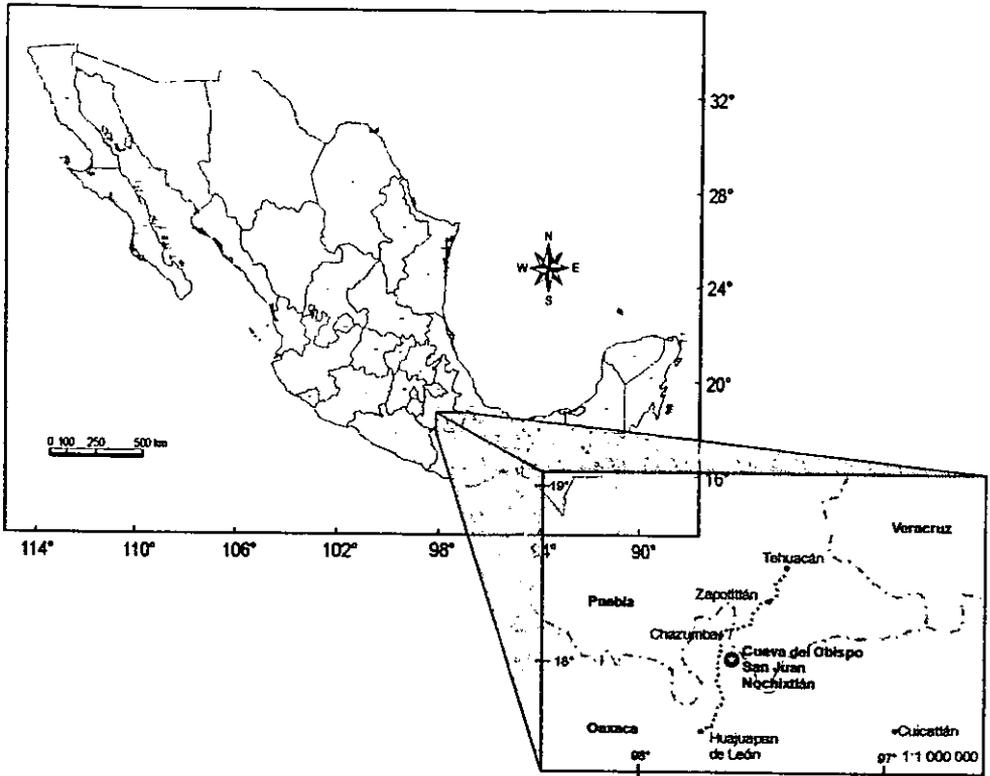


Figura 1. Mapa de localización de la Cueva del Obispo, San Juan Nochixtlán, Oaxaca.

#### IV.1.2 La cueva del Obispo.

La cueva del Obispo se encuentra localizada a 6 km al suroeste de San Juan Nochixtlán, Oaxaca (Figura 1). Está situada en una microcuenca a 1850 msnm, sobre la pared de una cañada, que se encuentra en la confluencia de dos pequeños ríos temporales.

La cueva posee dos entradas, separadas por aproximadamente 500 m. La entrada principal tiene 8 m de largo, por 6 m de alto y tiene forma de cruz, la otra entrada es mucho más pequeña, tiene forma circular y mide 1 m de diámetro (Figura 2).

#### Descripción.

La cueva del Obispo consta de dos túneles principales. El primero es una grieta que continúa de frente a la entrada, con una altura de 20 m, en su parte final se encuentran restos de varios derrumbes, que impiden su recorrido total, sin embargo se puede apreciar que la cueva continúa. El otro túnel se encuentra a la derecha de la entrada principal, se conecta a través de un tiro vertical que desciende cerca de 10 m y se continúa con un túnel cilíndrico horizontal que posteriormente comienza a subir lentamente. La altura en un principio es cercana a los 30 m y posteriormente se reduce. Esta sección desemboca en la entrada pequeña, en la cual se encuentra una galería amplia que se continúa con un túnel con una altura de 2.5 a 3 m, que gira 90° hacia la derecha y termina en una pequeña galería de 2.5 m de ancho por 2.5 m de alto.

Las condiciones de humedad y temperatura dentro de la cueva y en específico en las diferentes secciones, varían durante el año dependiendo de la presencia de los murciélagos y el movimiento del aire entre las dos entradas. Las zonas más frías varían entre los 18 y 20 °C y las cálidas de los 21 a los 23 °C. Cabe señalar que los datos de la temperatura fueron tomados a nivel del suelo a una distancia de más de 10 m de donde se perchaban los murciélagos (Cruz-Romo, 2001).

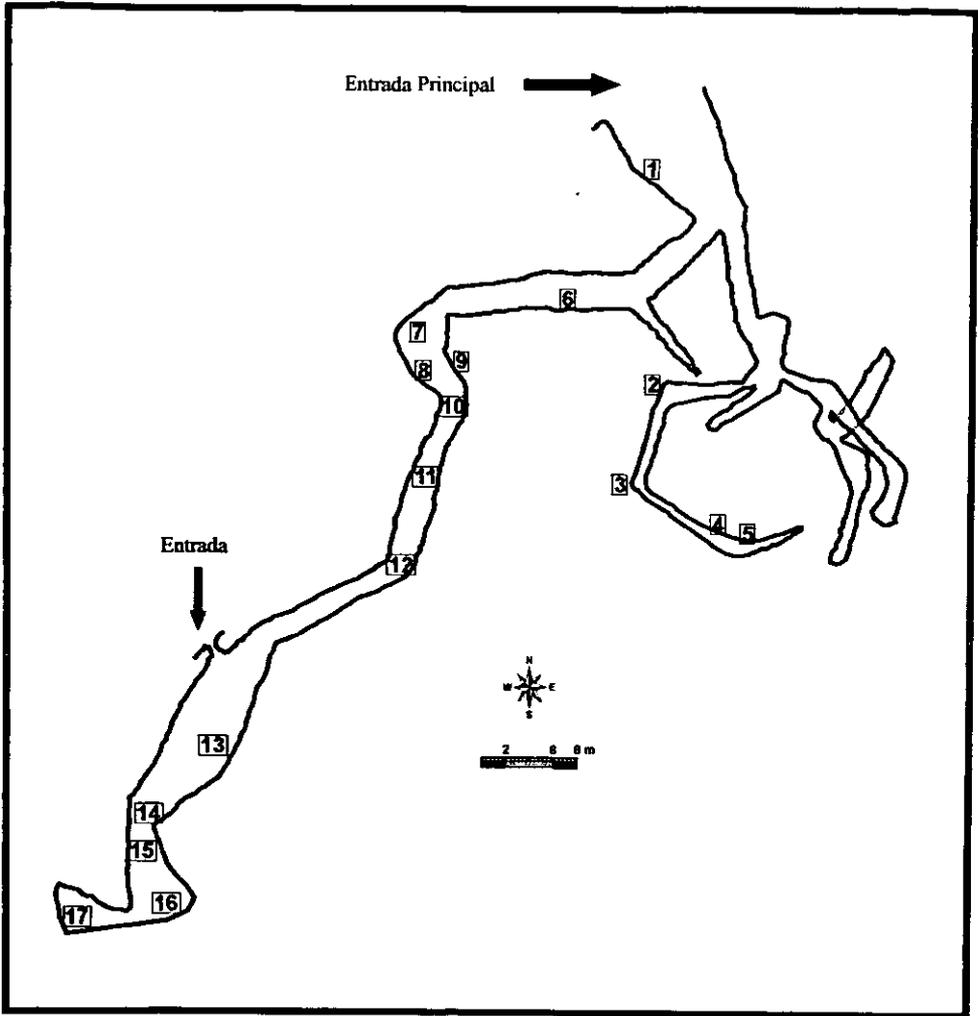


Figura 2. Ubicación de las charolas utilizadas para la colecta de guano durante el muestreo en la Cueva del Obispo, San Juan Nochixtlan, Oaxaca, México.

## IV.2. Método

Para la obtención de las muestras se realizaron nueve visitas espaciadas de dos a cuatro meses a la cueva del Obispo entre noviembre de 1997 y junio de 1999.

### IV.2.1. Recolección de heces y semillas.

Para conocer la presencia estacional de semillas de cactáceas, se colocaron 17 charolas de plástico de 53.7 x 42.1 cm en el interior de la cueva y a lo largo de ésta, procurando ubicar las charolas en los sitios más expuestos a la caída de las heces fecales.

La posición de las charolas fue cambiada a lo largo del estudio para tratar de obtener siempre la mayor cantidad de guano y debido a que con frecuencia eran removidas, o quitadas por la gente que visita la cueva.

En cada visita, las charolas fueron recogidas y las heces fueron colectadas en bolsas de plástico. La muestra de guano obtenida de cada charola, fue pesada en el sitio de su recolección y posteriormente lavada para obtener las semillas. Éstas se secaron y conservaron en recipientes de plástico, para posteriormente ser almacenadas a temperatura ambiente hasta su identificación.

Cabe señalar que *L. curascae*, es el único murciélago herbívoro que habita la cueva y comparte ésta con otras especies de murciélagos insectívoros como *Mormoops megalophyla*, *Pteronotus parneli* y *Tadarida brasiliensis* (Cruz-Romo, 2001), por lo anterior, las semillas encontradas en la cueva sólo pudieron ser transportadas por *L. curascae*.

#### **IV.2.2. Identificación de semillas por especie.**

La identificación de las especies de semillas encontradas se realizó por comparación de las semillas encontradas con una colección de referencia existente en el Laboratorio de Comunidades del Instituto de Ecología de la UNAM, formada por semillas extraídas de frutos previamente identificados.

#### **IV.2.3. Recolección de semillas en la cueva y fenología frutal.**

Las temporadas de aparición de cada especie de semillas de cactáceas en las charolas fueron comparadas con la fenología frutal de las cactáceas presentes en el Valle de Tehuacán (Rojas-Martínez, 1996; Rojas-Martínez *et al.*, 1999), para corroborar su identificación y conocer los meses en los que se podía esperar la presencia de cada especie en la cueva.

#### **IV.2.4. Abundancia estacional de semillas**

Para cuantificar la abundancia de cada especie, las semillas fueron separadas por especie y contabilizadas por temporada y/o mes.

#### **IV.2.5. Promedio de peso.**

Para evaluar si existía alguna relación entre el peso de la muestra del “guano” y la cantidad de semillas depositadas en la cueva por periodo, cada charola fue pesada antes de limpiarla, descontando posteriormente el peso de la charola. Se obtuvo el peso mensual por charola, dividiendo el peso de cada una entre el número de meses en que la charola estuvo colocada dentro de la cueva, las semillas fueron separadas e identificadas,

posteriormente fueron contabilizadas.

#### IV.2.6. Características de las semillas.

Debido a que todas las cactáceas columnares del Valle de Tehuacán presentan frutos zoocóricos (Rojas-Martínez, comunicación personal) con semillas que difieren en tamaño, color, dehiscencia, textura de la testa y tamaño, se decidió comparar la frecuencia de tamaños y la textura de las semillas encontradas en la cueva, para determinar si existía alguna diferencia con relación a la frecuencia con la que llegaba cada tipo de semillas hasta la cueva.

Las semillas recolectadas en cueva del Obispo fueron agrupadas por su morfología externa en semillas lisas y rugosas, dependiendo de la apariencia que tiene la testa a simple vista; se consideraron semillas lisas a todas las que brillan y rugosas a las que se ven opacas. El aspecto de las semillas se debe a las ornamentaciones y plegamientos de la testa. Para determinar si estas características influyen en la ingestión de las semillas, fueron agrupadas por periodo, mes de colecta y se realizaron comparaciones aplicando tablas de contingencia y pruebas de  $X^2$ , considerando como hipótesis nula que si la textura de la testa no es importante para su ingestión, entonces las semillas lisas y rugosas estarán igualmente representadas en las muestras.

Para determinar si el tamaño de las semillas facilita su ingestión por *L. curasoe*, las semillas fueron separadas por colecta y tamaño, se calculó un promedio de tamaño midiendo 50 semillas de cada especie. Éstas semillas fueron de la colección de referencia de el Laboratorio de Comunidades del Instituto de Ecología de la UNAM. Dichas semillas estaban previamente identificadas y extraídas de los frutos. Se midió el largo y el ancho de

cada semilla. Estos datos fueron multiplicados para obtener el área o "tamaño" de la semilla. Se encontraron tamaños que variaron desde  $1.07\text{mm}^2$  hasta  $10.03\text{mm}^2$ . Se dividió este rango en tres categorías para analizar la ingestión de semillas. La división se hizo arbitrariamente tomando en cuenta que existieran suficientes especies en cada rango y considerando que pueden representar tres categorías de ingestión. El primer tamaño fue de  $1.07$  a  $3.33\text{mm}^2$  ("Tamaño 1"), el segundo de  $3.34$  a  $6.67\text{mm}^2$  ("Tamaño 2"), y el tercero de  $6.68$  a  $10\text{mm}^2$  ("Tamaño 3"). Con estos rangos se hicieron comparaciones utilizando tablas de contingencia y pruebas de  $\chi^2$ , para determinar con esto si alguno de los tamaños es ingerido con mayor frecuencia por periodo o mes, considerando como hipótesis nula que si el tamaño de la semilla no es importante para su ingestión, entonces los diferentes tamaños estarán igualmente representados en las muestras. Para este punto se utilizó el área por que algunas semillas eran muy pequeñas para tomar tres medidas (largo, ancho y alto), lo que hubiera permitido conocer su volumen y no se utilizó el peso por ser el área una medida más "visualizable" para trabajar con ella, debido a que el poco peso que presentan algunas semillas no dan idea de su tamaño a personas que no tienen experiencia previa con estas mediciones.

## V. RESULTADOS

A lo largo del muestreo, fueron identificadas 21 especies de frutos de cactáceas columnares, a partir de las semillas transportadas hasta la cueva por la vía digestiva, como residuo de la alimentación de *L. curasoae* en el Valle de Tehuacán.

### V.1. Presencia estacional de semillas.

Las especies de semillas transportadas hasta la cueva del Obispo presentaron variaciones estacionales a lo largo del año. Estas tienen que ver directamente con las temporadas de fructificación de las diferentes cactáceas columnares en el Valle de Tehuacán. Observamos que durante la primavera y el verano existió una mayor riqueza de especies. En este periodo se identificaron las 21 especies de cactáceas, mientras que en los periodos de otoño a invierno se identificó un máximo de 14 especies (Tabla 1).

Los meses con mayor riqueza fueron mayo de 1999 con las 21 especies y marzo de 1999 con 20. Los meses con menor riqueza fueron enero de 1998 con 4 y noviembre y diciembre de 1997 con sólo dos especies (Tabla 1). El comportamiento anterior fue diferente en otros años. En marzo de 1998 se encontraron 12 especies diferentes, para mayo del mismo año 16. Por otra parte, para enero de 1999, se encontró un total de 14 especies, para noviembre de 1998 diez, y para diciembre de 1998 se encontraron nueve especies. Los resultados muestran que la riqueza de frutos fue mayor en 1998.

Las semillas de *Polaskia chichipe* y *Stenocereus stellatus* fueron encontradas todo el año, mientras que *Acanthocereus subinermis* sólo se encontró de febrero a mayo y

*Stenocereus treleasei* solo estuvo presente en noviembre de 1998 y mayo de 1999. Por lo tanto, no todas las especies encontradas se ajustaron a los periodos de fructificación conocidos para las cactáceas columnares en el Valle de Tehuacán (Rojas-Martínez, 1996; Rojas-Martínez *et al.*, 1999).

## V.2. Presencia de semillas y fenología frutal.

Algunas de las especies de semillas de cactáceas encontradas en la cueva del Obispo, tuvieron una discordancia con la fenología citada para la fructificación en el Valle de Tehuacán (Rojas-Martínez *et al.*, 1999) (Tabla 1); observamos que *Neobuxbaumia tetetzo*, fue una especie recolectada en la cueva durante más de un año, con solo un mes de ausencia (mayo de 1999), mientras que en la literatura está citada una fructificación de solo tres meses (mayo a julio). Resultados similares se observaron en *Polaskia chende*, que se encontró presente de abril de 1998 a junio de 1999. A esta especie se le reporta un periodo de fructificación de mayo a julio. Para *Cephalocereus columna-trajani* se cita su fructificación de mayo a agosto, en cambio la encontramos de noviembre de 1998 a junio de 1999. Para *Hylocereus undatus* la fructificación está citada de julio a octubre y se recolectó de febrero a agosto de 1998 y de enero a mayo de 1999 (excepto abril).

Por el contrario la presencia de semillas de otras especies concuerdan en su mayor parte con la fenología citada (Tabla 1), tal es el caso de *Pachycereus weberi*, cuya fructificación conocida es de noviembre a junio, y en los años de 1998 a 1999, no se encontró en noviembre y abril. Para *Myrtillocactus geometrizans* se tiene citada una fructificación en el Valle de Tehuacán de febrero a septiembre y se identificó en la cueva del Obispo de febrero a julio de 1998 y de enero a junio de 1999. *Escontria chiotilla*

presenta un periodo de fructificación citado de abril a septiembre y se encontró de febrero a junio en 1998 y de enero a mayo en 1999; *Neobuxbaumia macrocephala* se cita de mayo a septiembre y la encontramos de febrero a junio en 1998 y marzo a junio (excepto abril) en 1999; *Stenocereus pruinosus* se cita de noviembre a junio y la recolectamos de enero a julio de 1998 y de noviembre a junio de 1999.

### V.3. Número de semillas por especie.

En total se recolectaron 31,895 semillas. La especie que se encontró en mayor cantidad fue *Stenocereus dumortieri* (Tabla 2), con 12,231 semillas a lo largo del muestreo, esto fue equivalente al 38.34 % del total de las semillas obtenidas. Las siguientes especies más abundantes fueron *Stenocereus pruinosus* con 8,361 semillas (26.21%), *Stenocereus stellatus* con 3,793 (11.89%) y *Neobuxbaumia macrocephala* con 2,562, (8.03%). Las semillas menos representadas fueron *Stenocereus treleasei* con 5 semillas (0.015%) y *Acanthocereus subinermis* con 14 (0.04%) (Figura 3). Las semillas restantes, variaron en número de 80 a 615 semillas a lo largo de esta investigación.

**Tabla 1.** Presencia mensual de semillas de cactáceas columnares en las heces fecales de *Leptonycteris curasoae*, recolectadas en la cueva del Obispo (\*), comparada con los datos de fenología frutal presentados por Rojas-Martínez et al., 1999 (Sombreado) Nota: *Acanthocereus subinermis* e *Hyllocereus undatus*, son cactáceas cultivadas domésticamente en el Valle de Tehuacán.

Especie	1997		1998										1999							
	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J
<i>Acanthocereus subinermis</i> Britton & Rose				*	*	*											*	*	*	
<i>Cephalocereus columna-trajani</i> (Weber) Suman													*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Escontria chiotilla</i> (F.A.C. Weber) Rose				*	*	*	*	*	*						*	*	*	*	*	*
<i>Hyllocereus undatus</i> (Haw.) Britt. & Rose				*	*	*	*	*	*	*					*	*	*	*	*	*
<i>Myrtillocactus geometrizans</i> (C. Martius) Console				*	*	*	*	*	*	*					*	*	*	*	*	*
<i>Myrtillocactus shenkii</i> (J.A. Purpus) Backeb.				*	*	*	*	*	*	*					*	*	*	*	*	*
<i>Neobuxbaumia macrocephala</i> (Weber) Dowson				*	*	*	*	*	*	*							*	*	*	*
<i>Neobuxbaumia mezcalaensis</i> (Bravo) Backeb.						*	*	*	*								*	*	*	*
<i>Neobuxbaumia tetetzo</i> (Weber) Backeb.						*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pachycereus fuviceps</i> (Weber) Backeb.							*	*	*	*	*	*					*	*	*	*
<i>Pachycereus hollianus</i> (Weber) Buxb.						*	*	*	*	*	*	*					*	*	*	*
<i>Pachycereus weberi</i> (Coulter) Backeb.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pilosocereus chrysacanthus</i> (Web) Britt. & Rose				*	*	*	*	*	*						*	*	*	*	*	*
<i>Polaskia chende</i> (Gosselin) A. Gibson & K. Horak						*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Polaskia chichipe</i> (Gosselin) Backeb.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Stenocereus dumortieri</i> (Scheidw.) Buxb.				*	*	*	*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Stenocereus griseus</i> (Haw.) Buxb. Ex Bravo						*											*	*	*	*
<i>Stenocereus marginatus</i> (d.C.) Berger & Buxb.					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Stenocereus prinosus</i> (Otto) Buxb.			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Stenocereus stellatus</i> (Pfeiffer) Riccob.	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Stenocereus treleasei</i> (Vaupel) Backeb.													*						*	
TOTAL	2	2	4	12	12	17	16	15	13	8	6	7	10	19	14	14	20	11	21	17

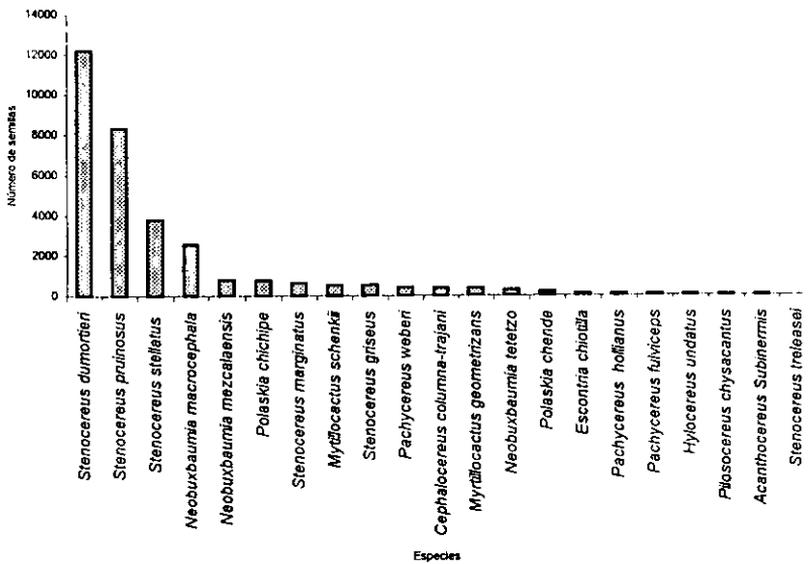


Figura 3. Número de semillas por especie de cactáceas colectadas durante el muestreo

#### V.4. Abundancia estacional de semillas

El número de semillas obtenido también presentó variaciones anuales. El periodo en el que se encontró el mayor número de semillas fue la primavera de 1999, que comprendió los meses de abril a mayo con 16,463 semillas de cactáceas (Tabla 2). Seguido por el periodo de primavera-verano de 1999 (mayo a junio) con un total de 5,794 semillas. En el periodo de primavera de 1998 se encontraron 3,632 semillas entre los meses de febrero y abril. Los periodos con menor número de semillas totales depositadas, fueron el invierno de 1997-1998 (noviembre-febrero), con ocho semillas solamente, seguido por el verano-otoño de 1998 con 63 semillas (julio a noviembre de 1998). Durante la primavera de 1999, entre los meses de marzo y abril solo recolectamos 196 semillas.

Tabla 2. Porcentaje de semillas de cactáceas columnares encontradas en la cueva del Obispo de noviembre de 1997 a junio de 1999.

Especie	Número de semillas	Porcentaje
<i>Stenocereus dumortieri</i>	12.231	38.3 %
<i>Stenocereus pruinosus</i>	8.361	26.2%
<i>Stenocereus stellatus</i>	3.793	11.8%
<i>Neobuxbaumia macrocephala</i>	2.562	8.03%
<i>Neobuxbaumia mezcalaensis</i>	771	2.41
<i>Polaskia chichipe</i>	742	2.32%
<i>Stenocereus marginatus</i>	615	1.92%
<i>Myrtillocactus shenkii</i>	521	1.63%
<i>Stenocereus griseus</i>	519	1.62%
<i>Pachycereus weberi</i>	400	1.25%
<i>Cephalocereus columna-trajani</i>	380	1.19
<i>Myrtillocactus geometrizans</i>	367	1.15%
<i>Neobuxbaumia tetetzo</i>	268	0.84%
<i>Polaskia chende</i>	164	0.51%
<i>Escontria chiotilla</i>	89	0.27
<i>Pachycereus hollianus</i>	71	0.22%
<i>Hylocereus undatus</i>	46	0.14%
<i>Pachycereus fulviceps</i>	47	0.14
<i>Pilosocereus chrysacantus</i>	28	0.08%
<i>Acanthocereus subinermis</i>	14	0.04
<i>Stenocereus treleasei</i>	5	0.01%
Total	31.895	100%

### V.5. Peso promedio mensual de las muestras

Con respecto al peso mensual de las muestras de guano (Figura 4), el mayor peso (1,456.5 gr) se obtuvo para los meses de abril a julio de 1998 (primavera-verano), seguido por 1,034.8 gr acumulados en los meses de julio a noviembre de 1998 (verano-otoño). Entre noviembre y diciembre de 1998 y enero de 1999 se recogieron 713.3 gr (invierno). Los pesos más bajos se obtuvieron entre noviembre de 1997 y febrero de 1998 con 0.57gr cada mes (otoño-invierno) y de marzo a abril de 1999 (primavera) con 55 gr.

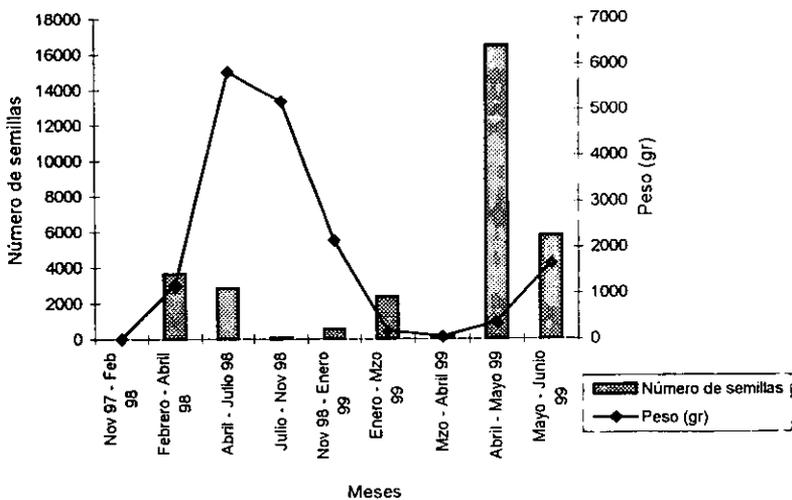


Figura 4. Número de semillas de cactáceas columnares recolectadas periódicamente con relación a la cantidad de guano acumulado en las charolas por *Leptoncyteris curasoae*.

#### V.6. Abundancia estacional de semillas lisas y rugosas.

Tomando en cuenta las características de la testa (lisas o rugosas) se observaron diferencias en el número de semillas colectadas. Las semillas rugosas fueron más frecuentes que las lisas. Se encontró un total de 31,895 semillas rugosas que representan el 81.93% del total, mientras que las semillas lisas encontradas sumaron 5,763, equivalentes al 18.06%.

De las 21 especies de frutos identificados en la alimentación de *L. curasoae* en el Valle de Tehuacán, 13 presentan semillas lisas (61.90%) y 8 contienen semillas rugosas (38.09%).

#### V.7. Presencia estacional de semillas lisas y rugosas.

Durante el otoño e invierno (1997 y 1998) se contabilizaron 2,736 semillas rugosas (ocho especies) y 219 con semillas lisas (cinco especies), con un total de 2,955 semillas. Durante el periodo de primavera-verano (1998 y 1999) encontramos 23,456 semillas rugosas (ocho especies) y 5,583 lisas (12 especies diferentes) y un total de 29,039 semillas para este periodo. Se observaron diferencias significativas entre estos periodos ( $X^2 = 16,501.72$ ;  $gl = 3$ ;  $p < 0.05$   $n = 63,988$  semillas). La tabla de contingencia muestra que las semillas rugosas fueron más abundantes en la cueva (Tabla 3).

En el periodo de abril a mayo de 1999 se encontró un total de 12,386 semillas rugosas y 4,077 semillas lisas (Tabla 4). En mayo-junio de 1999 hubo 4,976 semillas rugosas y 818 semillas lisas. Los meses en los que menos semillas encontramos, fueron de noviembre a febrero de 1998, con seis semillas rugosas y dos lisas y julio-noviembre de 1998 con 57 semillas rugosas y seis lisas.

Tabla 3. Tabla de contingencia para comparar el número de semillas lisas y rugosas llevadas hasta la cueva del Obispo por *Leptoncyteris curasoae*, en el Valle de Tehuacán. (O = observados; E = esperados,  $X^2 = 16,501.72$ ;  $gl = 3$ ,  $p < 0.05$ ,  $n = 63,988$  semillas).

Semillas	Otoño-Invierno	Primavera-Verano	Total
Lisas	O = 219 E = 267.9	O = 5,583 E = 2,633	5,802
Rugosas	O = 2736 E = 1,210.5	O = 23,456 E = 11,886.4	26,192
Total	2,955	29,039	63,988

Tabla 4. Número de semillas lisas y rugosas a lo largo del año.

	Nov-Feb 1998	Feb-Abr 1998	Abr-Jul 1998	Jul-Nov 1998	Nov-Ene 1999	Ene-Mzo 1999	Mzo-Abr 1999	Abr-May 1999	May-Juni 1999	Total
Lisas	2	96	544	6	26	188	6	4077	818	5763
Rugosas	6	3,536	2,301	57	499	2,181	190	12,386	4,976	26,132

Los tamaños más frecuentes correspondieron al "Tamaño 1" (siete especies lisas y siete rugosas), con un total de 21,724 semillas (3,817 lisas y 17,907 rugosas). De las semillas de "Tamaño 2" (tres especies lisas y 1 rugosa), se recolectaron un total de 9,494 semillas (1,133 lisas y 8,361 rugosas) y del "Tamaño 3" (dos especies lisas), con 776 semillas (Tabla 5).

La tabla de contingencia (Tabla 6) y la prueba de  $X^2$  que se realizó, muestra que existe diferencia significativa entre el tamaño de las semillas transportadas hasta la cueva y sus características morfológicas ( $X^2= 18,197.78$ . g.l. = 5.  $p < 0.05$  n = 63, 988 semillas)

Tabla 5. Relación de especies de semillas de cactáceas columnares ingeridas por *Leptonycteris curasoae*, con características de testa rugosa o lisa separadas en tres categorías de tamaño.

Tamaño	Lisas	Rugosas
1.- Hasta 3.33mm	<i>Acanthocereus subinermis</i>	<i>Escontria chiotilla</i>
	<i>Cephalocereus columna-trajani</i>	<i>Myrtillocactus geometrizans</i>
	<i>Hylocereus undatus</i>	<i>Myrtillocactus shenkii</i>
	<i>Neobuxbaumia macrocephala</i>	<i>Polaskia chende</i>
	<i>Neobuxbaumia tetetzo</i>	<i>Polaskia chichipe</i>
	<i>Pilocereus chrysacantus</i>	<i>Stenocereus dumortieri</i>
	<i>Stenocereus griseus</i>	<i>Stenocereus stellatus</i>
2.- 3.34 - 6.67mm	<i>Pachycereus fulviceps</i>	<i>Stenocereus pruinosus</i>
	<i>Pachycereus hollianus</i>	
	<i>Pachycereus weberi</i>	
3.- 6.68 - 10mm	<i>Stenocereus treleasei</i>	
	<i>Neobuxbaumia mezcalaensis</i>	

**Tabla 6.** Tabla de contingencia por tamaños de las semillas lisas y rugosas llevadas hasta la cueva del Obispo por *Leptonycteris curasoae*. O = Observados. E = Esperados ( $\chi^2 = 18,19778$ ;  $g.l. = 5$ ,  $p < 0.05$ .  $n = 63,988$  semillas).

Semillas	T 1	T 2	T 3	Total
Lisas	O = 3,817 E = 1,943.98	O = 1,133 E = 849.57	O = 776 E = 69.44	5,726
Rugosas	O = 17,907 E = 8,918.01	O = 8,361 E = 3,897.42	O = 0 E = 318.56	826,268
<b>Total</b>	21,724	9,494	776	63,988

El tamaño de semilla más frecuentemente transportado a la cueva por *Leptonycteris curasoae* fue el "Tamaño 1, con 21,724 semillas; en este tamaño se encontraron la mayor cantidad de semillas rugosas (17,907) y lisas (3,817).

## VI. DISCUSIÓN

*Leptonycteris curasoae* es un murciélago catalogado tradicionalmente como nectarívoro-polinívoro, que puede alimentarse de manera eventual o accidental de frutos (Álvarez y González, 1970; Hayward y Cockrum, 1971; Gardner, 1977; Howell, 1979; Quiroz *et al.*, 1986; Fleming, 1988; Ceballos *et al.*, 1997). Sin embargo en este trabajo se encontró que en el Valle de Tehuacán consume los frutos de 21 especies de cactáceas columnares a lo largo del año.

Las cactáceas columnares pueden ofrecer alimento a los murciélagos durante todo el año, debido a que presentan picos de floración y fructificación en épocas distintas (Rojas-Martínez *et al.*, 1999), sin embargo, la importancia de los frutos en la alimentación de estos murciélagos, no ha sido debidamente estudiada (Ruiz *et al.*, 1997).

Con los datos obtenidos en este trabajo, se puede observar que el consumo de frutos de cactáceas columnares en el Valle de Tehuacán por *L. curasoae* es importante, lo cual puede deducirse por la cantidad semillas y la variedad de especies transportadas a la cueva.

Se obtuvieron un total de 31,895 semillas de 21 especies de cactáceas. Estudios previos en el Valle de Tehuacán, muestran que *L. curasoae* puede alimentarse de entre 14 y 19 especies de cactáceas columnares durante el año (Rojas-Martínez *et al.*, 1999; Godínez-Álvarez, 2000). Las diferencias se deben a que el presente trabajo está basado en la colecta de heces fecales durante más de un ciclo anual, en un refugio diurno donde se encuentran excretas de este murciélago durante todo el año (Cruz-Romo, 2001), por lo

cual se obtuvieron muestras grandes que permitieron detectar especies de frutos de cactáceas que son raras en el Valle de Tehuacán y que son ingeridas por *L. curascae*, tales como *Acanthocereus subinermis* y *Stenocereus treleasei*.

Las especies de la tribu Pachyceraceae producen la mayor parte de la fruta disponible en el Valle de Tehuacán y fructifican de manera secuencial a lo largo del año (Rojas-Martínez *et al.*, 1999).

Algunas de las cactáceas columnares presentan un patrón de floración y fructificación estacional predecible cada año, tal es el caso de *Cephalocereus columna-trajani*, y *Stenocereus stellatus*, (Arias, Gama y Guzmán, 1999; Rojas-Martínez *et al.*, 1999) mientras que otras especies fructifican de manera continua la mayor parte del año (Foster, 1973; Richards, 1973; Frankie *et al.*, 1975; Humprey y Bonaccorso, 1979), como *Pachycereus weberi* y *Stenocereus pruinosus* (Rojas-Martínez comunicación personal) A partir de las semillas encontradas en la cueva del Obispo podemos saber en que época están disponibles los frutos de cada especie en el Valle de Tehuacán, y debido a que éstas no presentan el mismo patrón de fructificación, a partir de las heces fecales podemos deducir la presencia de frutos en la alimentación de *L. curascae* durante todo el año.

Algunos autores sugieren que una posible consecuencia de la competencia por dispersores o polinizadores, podría ser la causa de la separación entre los picos de floración y fructificación entre las cactáceas (Snow, 1965; Fleming, 1985; Soriano *et al.*, 1991; Sosa y Soriano, 1996). En Venezuela se ha observado que cada especie de cactácea muestra un máximo de fructificación en periodos distintos del año y la transición de dominancia parece ocurrir en una secuencia ordenada (Soriano *et al.*, 1991), sin embargo no sólo puede deberse a esto, también al ambiente y los cambios climáticos de

éste.

En el Valle de Tehuacán, los diferentes tipos de vegetación donde se alimentan los murciélagos se disponen en parches que varían altitudinalmente, en los cuales, las cactáceas presentan fructificaciones secuenciales (Rojas-Martínez *et al.*, 1999; Rojas-Martínez, 2001). Debido a que *L. curasoae* puede volar grandes distancias debido a su gran capacidad de vuelo (100 km diarios) (Horner, Fleming y Sahaley, 1998) este murciélago puede visitar diferentes tipos de vegetación en una noche y consumir una gran variedad de frutos de cactáceas disponibles en el Valle de Tehuacán, dispersando anualmente un número considerable de semillas a lo largo de todo el Valle.

Lo anterior contrasta con la información proveniente de Chamela, Jalisco (Ceballos *et al.*, 1997) donde los datos obtenidos por pruebas de isótopos de carbón, sugieren que los murciélagos no se alimentan continuamente de cactáceas, probablemente por la baja densidad y diversidad de estas plantas en la zona y por que su floración y por lo tanto su fructificación, es claramente estacional (Lott *et al.*, 1987).

En Sudamérica, el consumo de frutos por *L. curasoae* está influenciado por la disponibilidad local y estacional de este recurso y por la escasez estacional de néctar y polen (Ruiz *et al.*, 1997). En el Valle de Tehuacán los frutos están disponibles durante todo el año, lo que permite a los murciélagos complementar su alimentación en periodos en los que las flores pueden ser escasas (Rojas-Martínez, 1996; Rojas-Martínez *et al.*, 1999; Rojas-Martínez, 2001). Por lo anterior se puede especular que las variaciones anuales en la fructificación de las plantas, pueden ser el resultado de una respuesta coadaptativa de éstas y los murciélagos (Soriano *et al.*, 1991), causada por la competencia por los dispersores entre las plantas debido a la presencia permanente y predecible de los

murciélagos en el Valle (Rojas-Martínez *et al.*, 1999, Rojas-Martínez, 2001). Estos cambios en la fenología de las plantas también pueden deberse a cambios climáticos del hábitat de estas plantas y diferencias estacionales de éste

En el Valle de Tehuacán, la mayoría de las especies de cactáceas muestran periodos de fructificación de varios meses, sin embargo para algunas especies los periodos de presencia de semillas en las muestras fueron mayores a los esperados, por ejemplo, las semillas de *Polaskia chichipe*, fueron encontradas durante todo el año aunque tiene citada una fructificación de mayo a agosto para el Valle de Tehuacán (Arias, Gama y Guzmán, 1997; Rojas-Martínez, 1999) La colecta de semillas de otras especies como *Polaskia chende*, difirieron del patrón esperado de fructificación, mayo a julio (Rojas-Martínez *et al.*, 1999); y de junio a noviembre (Arias, Gama y Guzmán, 1997), ésta especie fue recolectada en la cueva del Obispo durante todo un año de abril de 1998 a junio a 1999. Las diferencias observadas entre la colecta de las semillas y la fenología conocida pueden deberse a que las charolas permanecieron largas temporadas dentro de la cueva, lo que ocasionalmente dificultó la identificación de los meses exactos en que fueron depositadas las semillas. A esto puede sumarse el gran movimiento de las charolas ocasionado por la gente del lugar, debido a que durante la extracción de “guano” vaciaban su contenido, las movían de lugar, o bien al pasar junto a ellas podían mezclar el contenido de la charola con el guano depositado previamente en la cueva.

Finalmente durante el periodo de realización de este trabajo se presentaron lluvias abundantes, mayores a las normales que ocasionaron variaciones indeterminadas en los patrones de floración y fructificación (Rojas-Martínez, comunicación personal).

Otras especies de cactáceas difirieron marcadamente de la fenología frutal

conocida, este fue el caso de *C. columna-trajani*, *H. undatus*, *N. tetetzo*, *P. chrysacantus*, *P. chende*, *S. marginatus* y *S. stellatus*. Entre ellas, es probable que exista alguna confusión al momento de la identificación de las semillas, como es el caso de *C. columna-trajani*, *N. tetetzo* y *S. stellatus* que tienen una fenología muy definida a lo largo del año (Rojas-Martínez, 1996; Arias, Gama y Guzmán, 1997), y es poco probable que puedan fructificar fuera del periodo conocido. En el caso de otras especies como *Pachycereus weberi* y *Stenocereus prinosus*, es probable que tengan un periodo de fructificación que se extiende más allá de lo que se conoce hasta el momento (Rojas-Martínez, comunicación personal).

Las diferencias observadas en este estudio muestran que la fructificación, en la mayoría de las especies de cactáceas difirió en algunos meses (1 ó 2), con relación a lo que está reportado. Lo anterior muestra que pueden existir diferencias en la fenología de las cactáceas de un año a otro y por regiones en el Valle de Tehuacán, además que los murciélagos son capaces de encontrar y explotar sitios en los que hay frutos disponibles. Cabe mencionar que el fenograma con el cual se comparan los datos es del año de 1999 y si las cactáceas cambian sus periodos de floración y fructificación por las condiciones climáticas imperantes cada año, puede explicarse el por qué algunos datos de la fructificación no coinciden con lo esperado.

Se observó una gran variación en el número de semillas acumuladas en la cueva por temporada. En los meses de abril a mayo de 1999 se recogió un total de 16,463 semillas (8,231.5 semillas mensuales), seguido por 5,794 semillas recolectadas de mayo a junio de 1999 (2,897 semillas por mes), estos meses pertenecen al periodo de primavera-verano, los cuales representan los meses más importantes para la fructificación (Rojas-

Martínez 1996; Rojas-Martínez *et al.*, 1999). Sin embargo, observamos periodos como el de marzo a abril de 1999 con solo 196 semillas (98 mensuales), que es una muestra muy pobre en comparación con otras en los mismos meses de años diferentes (primavera-verano). Lo anterior puede deberse a cambios en la fructificación y floración de las cactáceas columnares en el Valle de Tehuacán debidos al aumento en el régimen de la precipitación pluvial estacional durante 1999, que determinó que las plantas crecieran vegetativamente y no florecieran (Rojas-Martínez comunicación personal), o bien, que la gente del lugar haya vaciado las charolas o las moviera a sitios donde no les cayera el guano.

Aparentemente la primera explicación fue la correcta, debido a que en ese periodo el tamaño de la población de *L. curascae* fue bajo (Cruz-Romo, 2001), lo que implica que al no existir alimento una parte de la colonia de estos murciélagos se traslada a otro refugio y por lo tanto se depositaron menos semillas.

Es importante recalcar que la productividad presenta cambios a lo largo del tiempo y con el transcurso de los años, no se encontró la misma acumulación de semillas de cactáceas en el mismo mes de un año a otro, tal es el caso de abril de 1998 con respecto a 1999 cuando se presentó un incremento de semillas importante en el último año.

Las diferencias en cuanto al número de semillas por especie obtenidas en la cueva, podrían deberse a que los murciélagos muestran preferencia por algunos frutos. Esto sería evidente si el depósito de semillas de algunas cactáceas fuera alto aún en los meses de baja producción (Ruiz *et al.*, 1997). Este podría ser el caso de algunas especies con mayor acumulación de semillas en la cueva como son: *S. dumortieri*, *S. stellatus*, *S. pruinosus*, y *N. macrocephala*, sin embargo no es posible afirmar esto debido a la falta de información

sobre la productividad frutal de estas plantas.

Por otra parte, las diferencias encontradas en el consumo de semillas lisas y rugosas, pueden indicar que los murciélagos prefieren los frutos con semillas rugosas que los frutos con semillas lisas o bien, que las semillas rugosas están más adheridas a la pulpa, por lo que al alimentarse de frutos con estas semillas el murciélago tiene que tragarlas y no puede escupirlas como generalmente lo hace (Godínez-Álvarez y Valiente-Banuet, 2000). Para ingerir los frutos, los murciélagos generalmente se perchan en refugios alimenticios nocturnos que frecuentemente son árboles (Greenhall, 1965; Osmaston, 1965; Nellis, 1971; Jones, 1972; Humphrey y Bonaccorso, 1979), mastican la pulpa, separan y escupen las semillas, la mayoría de las cuales caen en los lugares de forrajeo (Humphrey y Bonaccorso, 1979); sin embargo, algunas semillas son ingeridas accidentalmente, en función de su pequeño tamaño y rugosidad de la testa ( $X^2 = 18,197.78$ ,  $gl = 5$ ;  $p < 0.05$  Tamaño;  $X^2 = 16,448.27$ ;  $gl = 3$ ;  $p < 0.05$  respectivamente). Los resultados obtenidos podrían indicar que las semillas pequeñas y rugosas pueden ser más difíciles de separar de la pulpa y al ser tragadas son dispersadas más lejos, lo cual se ve reflejado en la alta frecuencia con que son depositadas en la cueva del Obispo que es un refugio diurno.

El daño por la masticación y el paso por el tracto digestivo de la semilla es mínimo o inexistente (Humphrey y Bonaccorso, 1979). Las semillas excretadas según Humphrey y Bonaccorso (1979) tienen una proporción muy alta de germinación, sin embargo estudios más recientes muestran que el paso por los ácidos digestivos de animales, no afecta la germinación de semillas de *N. tetetzo*. Por otro lado en algunas especies como *P. hollianus*, la germinación es favorecida (Godínez-Álvarez y Valiente-Banuet, 1998). Por lo tanto, la importancia de este murciélago consiste además de favorecer la germinación,

en colaborar en la dispersión de las semillas hasta lugares con condiciones naturales óptimas para el establecimiento de las plántulas, que generalmente están localizados bajo la copa de árboles y matorrales (Godínez-Álvarez y Valiente-Banuet, 1998).

Con base en los resultados obtenidos, y tomando en cuenta que según los "lugareños", de la cueva se extrae al año cerca de 1,500 kg de guano, y extrapolando el resultado de las 21,263.33 semillas encontradas en 11.40 kg de guano recolectados a lo largo del trabajo, se obtiene un total de 2'779,806.6 semillas por tonelada y media de guano en la cueva del Obispo. Esto representa 7,667 semillas por día (365 días); por otra parte, se tomó una muestra de 24 horas en abril de 1998 dentro de la cueva utilizando una sola trampa con una superficie de 2 m<sup>2</sup>, y en la cual obtuvimos 134 semillas. Extrapolamos esto a los 442.32 m<sup>2</sup> que ocupa *L. curasoae* en la cueva, se obtienen un total de 29,635.44 semillas depositadas al día aproximadamente, lo que nos da un total de 12'227,500 semillas al año de 21 especies de cactáceas columnares presentes en el Valle de Tehuacán. Estos resultados, aunque difieren marcadamente uno del otro y el segundo es especulativo, indican que los murciélagos mueven una gran cantidad de semillas en el Valle de Tehuacán. Considerando que al refugio diurno sólo llega una mínima cantidad de semillas, tal vez solo una décima parte (Rojas-Martínez, comunicación personal), ya que la mayoría de estas semillas quedan bajo los árboles que se utilizan como refugios alimenticios nocturnos en los sitios de forrajeo. Lo anterior demuestra que el papel de *L. curasoae* como dispersor de las cactáceas columnares en el Valle de Tehuacán es realmente importante.

El papel de *L. curasoae* como dispersor en zonas áridas es también compartido por otros murciélagos como *Choeronycteris mexicana* (Tschudi), *L. nivalis* (Saussure),

*Artribeus jamaicensis* (Leach) y *Sturnira lilium* (É. Geoffroy St.-Hilaire, 1810) que se alimentan de frutos y dispersan las semillas de cactáceas columnares (Rojas-Martínez 2001).

Es importante hacer notar que la abundancia de semillas observada en la cueva no tiene que ver necesariamente con las preferencias reales del murciélago y lo que comen en el campo, debido a que la mayor parte de este alimento lo defecan en los sitios de forrajeo, por lo que las semillas probablemente no llegan a la cueva en la misma proporción ingerida. Las semillas presentes en la cueva representan la última comida del murciélago antes de regresar al refugio diurno y probablemente aquellos residuos que tuvo más dificultad de expulsar del estómago, como semillas que se encuentren más adheridas a la pulpa.

El peso de las muestras con relación al número de semillas encontradas mostró un comportamiento contrastante. En el periodo de julio a noviembre de 1998, se recolectaron 5,174 gr de guano, con sólo 63 semillas; mientras que de abril a mayo de 1999 se contabilizaron 16,463 semillas en tan sólo 350 gr de guano. En los meses de julio a noviembre de 1998 hubo una cantidad de entre 13,666 a 15,323 murciélagos (Cruz-Romo, 2001), que se alimentaron predominantemente de néctar y polen. Entre abril y mayo de 1999 la población es de hasta 26,930 individuos en la cueva del Obispo (Cruz-Romo, 2001), los cuales se alimentaron principalmente de frutos. Esto también es debido a la gran cantidad de frutos de cactáceas columnares en la zona, por lo cual cabe señalar que cuando los frutos están disponibles son altamente consumidos. Es importante hacer notar que las muestras de peso se tomaron con peso fresco, y que sería conveniente hacerlo también con peso seco.

Estos datos concuerdan con lo observado en Venezuela, donde la etapa de alimentación a base de frutos ocurre entre marzo y abril, que corresponde con los meses húmedos y reportan el mayor consumo de polen ocurre durante los meses más secos (Soriano *et al.*, 1991).

Independientemente del peso de las muestras, las semillas de cactáceas estuvieron presentes durante todo el año, por lo que se puede afirmar que los frutos son un elemento alimenticio común para los murciélagos en el Valle de Tehuacán. Este consumo de frutos de cactáceas es estacional, pues se observa un pico anual en el periodo primavera-verano, donde existe la mayor riqueza de especies y la cantidad de semillas mas grande.

Los frutos complementan el consumo de néctar y polen y en ciertas temporadas del año como la ocurrida de abril a mayo de 1999, los murciélagos basan su alimentación principalmente en el consumo de los frutos de cactáceas.

Se piensa que el consumo de polen está ligado a un estado fisiológico de las hembras gestantes o lactantes, debido a que lo consumen en mayor cantidad cuando aumenta su requerimiento protéico (Quiroz *et al.*, 1986). Para el Valle de Tehuacán, en especial en la colonia de la cueva del Obispo, se encontró hembras con un pico de gestación importante para los meses de octubre y noviembre (Cruz-Romo, 2001), que coinciden con el peso alto de las charolas (1,034.8 gr mensuales) y un pico menos importante para abril y mayo, donde se encontraron para 1998, 1,456.5 gr mensuales de guano por charola y para 1999, 175 gr mensuales.

Con respecto al peso de los murciélagos en la colonia de la cueva del Obispo, en el momento en que se observó la mayor cantidad de polen (las charolas tenían una coloración amarilla), coincidió con un bajo promedio de peso en los murciélagos (abril a julio de

1998), tanto en hembras como en machos (Cruz-Romo, 2001). Por el contrario, cuando se recogió la mayor cantidad de semillas se detectó el mayor peso en machos, aunque el menor en hembras (abril a mayo 1999) (Cruz-Romo, 2001). En cambio en Xoxafi, Hidalgo, se encuentran los pesos más altos de este murciélago en el pico de floración de las plantas (Álvarez *et al.*, 1999). Lo anterior puede deberse a que de abril a julio de 1998, se encontró una población juvenil en su mayoría en la cueva del Obispo (Cruz-Romo, 2001), que se encontraba alimentándose principalmente de flores debido a la calidad nutritiva del polen, debido a éste contiene una gran cantidad de aminoácidos esenciales y sustancias nutritivas (Howell, 1974; Thomas y Winter, 1991). Lo anterior hace suponer que los adultos pueden mantener sus requerimientos metabólicos adecuadamente comiendo grandes cantidades de frutos, mientras que los juveniles requieren polen y néctar para desarrollarse.

En conclusión, con este trabajo se demuestra que la alimentación por frutos es continua para *Leptonycteris curasoae*, durante todo el año en el Valle de Tehuacán. Esto coincide con los datos obtenidos por Sosa y Soriano (1993) en Venezuela, donde concluyen que los frutos constituyen junto con los productos florales en especial el néctar, la fuente principal de carbohidratos de *L. curasoae*. Ellos encuentran un 60% de muestras mixtas (semillas y polen) y un 29% de muestras con sólo fruta, estos porcentajes son importantes por que demuestran el consumo de frutos que tiene el murciélago. En esta región, *L. curasoae*, es considerado como migratorio, lo que puede deberse a que los productos de las cactáceas no se encuentran disponibles todo el año, además de que las cactáceas presentan una baja densidad por unidad de área, lo mismo que en el Desierto Sonorense y Chamela (Fleming, Núñez y Stenberg, 1993; Ceballos *et al.*, 1997), donde

también *L. curasoae* es considerado migratorio.

En el Valle de Tehuacán existen recursos alimenticios durante todo el año, basados principalmente en el consumo de néctar, polen y frutos de cactáceas columnares (Valiente-Banuet *et al.*, 1996; Rojas-Martínez *et al.*, 1999), lo que permite que *L. curasoae* sea una especie residente en esta zona (Valiente-Banuet *et al.*, 1996; Rojas-Martínez, 1999; Cruz-Romo, 2001; Rojas-Martínez, 2001). Durante el muestreo se detectaron dos picos importantes de consumo de frutos, de febrero a julio de 1998 y de abril a junio de 1999. Estos meses están comprendidos dentro de la primavera y verano y concuerda con los datos obtenidos en Venezuela (Sosa y Soriano, 1993), donde encuentran que el consumo de frutos por el murciélago es más importante en los meses húmedos que secos, lo que puede deberse a que los frutos se encuentran en mayor proporción.

Es importante señalar que no todos los años el consumo de frutos tiene la misma magnitud. Esto depende de la floración y fructificación de las cactáceas de las cuales se alimenta *L. curasoae* y de los cambios en la fenología floral y frutal, debido al régimen de lluvias que determina el crecimiento vegetativo.

*Leptonycteris curasoae* es un mutualista verdadero de las cactáceas columnares que contribuye a su polinización y dispersión (Bonaccorso y Humphrey, 1984), mientras que las cactáceas le proporcionan alimento durante todo el año (Ruiz *et al.*, 1997), a través de su floración y fructificación secuencial.

En el Valle de Tehuacán, la floración y fructificación ocurre en "parches", por lo que los murciélagos deben moverse continuamente en busca de sus recursos alimenticios, pero sin necesidad de viajar las grandes distancias que recorren en la parte norte de su distribución (Rojas-Martínez *et al.*, 1999; Rojas-Martínez, 2001).

Por todo lo anterior el Valle de Tehuacán es una zona importante para la conservación de los murciélagos nectarívoros y de las cactáceas columnares en la región centro-sur de México.

## VII.- CONCLUSIONES.

- El Valle de Tehuacán es una región que ofrece alimento a *Leptonycteris curasoae* en forma de flores y frutos a lo largo del año, debido a que existen al menos 34 especies de plantas quiropterófilas que en conjunto presentan una floración continua (Rojas-Martínez *et al.*, 1999). De ellas, las cactáceas columnares probablemente son las más importantes.
  
- La cueva del Obispo es un lugar importante para el estudio de *L. curasoae*, por tener individuos de esta especie durante todo el año, lo que permite conocer mejor la biología de éste importante dispersor y polinizador de cactáceas, como lo es alimentación de frutos de cactáceas columnares que no ha sido muy estudiada.
  
- *Leptonycteris curasoae* se alimenta de los frutos de 21 especies de cactáceas columnares que le proporcionan alimento durante todo el año en el Valle de Tehuacán, por lo que este alimento puede considerarse como una parte común en su dieta.

- Las cactáceas en el Valle de Tehuacán pueden presentar diferencias de floración y fructificación de un año a otro, dependiendo de la temporada y abundancia de lluvias, lo que se manifiesta en cambios de alimentación de *L. curasoae* de un año a otro.
  
- La cueva del Obispo presenta perturbaciones debido a la extracción del guano, por lo cual es necesario implementar programas de protección a la cueva y a la fauna que la utiliza como refugio, así como instrumentar programas de educación ambiental para los habitantes de los poblados cercanos, para mejorar el manejo de la cueva sin poner en peligro a la población de murciélagos que en ella habita.
  
- *Leptonycteris curasoae*, es una especie que se encuentra catalogada como amenazada en México (NOM-059-ECOL-1994), y dada su importancia como polinizador y dispersor de la vegetación dominante del Valle de Tehuacán, es necesario poner especial cuidado en la conservación de este murciélago y la protección de sus refugios.

### VIII. LITERATURA CITADA

- Álvarez T y González Q. L. 1970. Análisis polínico del contenido gástrico del murciélago Glossophaginae de México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. México* 17: 137-165.
- Álvarez T., Sánchez-Casas N. y Villalpando J.A. 1999. Registro de los movimientos de *Leptonycteris yerbabuena* en el centro de México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 45: 9-15.
- Arias S., Gama S y Guzmán L. 1997. *Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*. Fascículo 14. Cactáceae A.L. Juss. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 146 pp.
- Arita, H.T. 1991. Spatial segregation in long-nosed bats, *Leptonycteris curasoae*, in Mexico. *Journal of Mammalogy*, 706-714.
- Baker, H., Baker I. y Hodges S. 1998. Sugar composition of nectars and fruits consumed by birds and bats in the tropics and subtropics. *Biotropica*. 30(4): 559-586.

- Bonaccorso F.J. y Humphrey S. 1984. Fruit bat niche dynamics. their role in maintaining tropical forest diversity. En *Tropical Rain Forest: The Leeds Symposium*, 169-183.
- Ceballos, G. Fleming T.H., Chávez C. y Nassar J. 1997. Population Dynamics of *Leptonycteris curasoae* (Chiroptera: Phyllostomidae) in Jalisco, México. *Journal of Mammalogy* 78(4):1220-1230.
- Cockrum E. L. 1991. Seasonal Distribution of Northwestern populations of the long-nosed bats. *Leptonycteris sanborni* family Phyllostomidae. *Anales del Instituto de Biología*. Universidad Nacional Autónoma de México. Ser. Zool. 62(2): 181-202.
- Cruz-Romo J. L. 2001. *Dinámica poblacional de una colonia de Leptonycteris curasoae, en una cueva situada en la zona tropical semiárida del valle de Tehuacán-Cuicatlán*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias UNAM. México.
- Dávila, P.A., Villaseñor, J.L., Medina L., Ramírez, A., Salinas, A., Sánchez K. J. y P. Tenorio, P. 1993. *Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Listados Florísticos de México. X*. UNAM. Instituto de Biología. 195pp.
- Fleming, T.H. 1985. Coexistence of five sympatric Piper (Piperaceae) species in a tropical dry forest. *Ecology*. 66: 688-700.

- Fleming, T.H., 1988. The short-tailed fruit bat. *The University of Chicago Press*, Chicago
- Fleming, T.H., Nuñez, R. A. y Sternberg, L. S. L. 1993. Seasonal changes in the diets of migrant and non-migrant nectarivorous bats as revealed by carbon stable isotope analysis. *Oecology*. 94: 72-75
- Fleming T.H. y Sosa J.V. 1994. Effects of Nectarivorous and Frugivorous mammals on Reproductive Success of Plants. *Journal of Mammalogy*. 75(4): 845-851.
- Foster, R.B. 1973. Seasonality of fruit production and seed fall in a tropical forest ecosystem in Panama. *Duke University*.
- Frankie, G.W., Baker, H.G. y Opler, P.A. 1975. Comparative phenological studies of trees in Tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology*. 62: 881-909.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). *Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México*. México
- Gardner, A.L. 1977. Feeding habits. 293-350. En: R.J. Baker (eds) Biology of bats of the New World. Family Phyllostomidae. Part II. Special Publications 13, *The Museum, Texas Tecnology University., Lubbock*.

Godínez-Alvarez y Valiente-Banuet 1998. Germination and early seedling growth of Tehuacán 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. 2000. *Dispersión de semillas de Neobuxbaumia tetetzo (Coulter) Backeberg. En el Valle de Tehuacán, Puebla.* UNAM Unidad Académica de los ciclos Profesional y de Posgrado del CCH. Instituto de Ecología. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ecología.

Greenhall, A. M. 1965. Sapucaia nut dispersal by greater spear-nosed bats in Trinidad. *Caribbean Journal. Science.* 5:167-171

Hayward, B. y Cockrum L. 1971. The history off the western long-nosed bat, *Leptonycteris sanbornii*. *Western New Mexico University Research Science.* 1: 75.123.

Heithaus, E.R. 1982. Coevolution between bats and plants. 327-367. En: Kunz T.H. (ed.) *Ecology of Bats.* Plenum Press, New York.

Herrera M. L. G. 1997. Evidence of altitudinal movements of *Leptonycteris curasoae* (Chiroptera; Phyllostomidae) in Central México. *Revista Mexicana de Mastozoología.* 2:116-118.

**ESTA TESIS NO SALI  
DE LA BIBLIOTECA**

- Horner M.A., Fleming T.H. y Sahaley A.T. 1998. Foraging behaviour and energetics of a nectar-feeding bat *Leptonycteris curasoae* (Chiroptera Phyllostomidae). *Journal of Zoology. (London)*. 244, 575-586.
- Howell, D.J. 1974. Feeding and acoustic behavior in glossophaginae bats. *Journal of Mammalogy* 55:293-308.
- Howell, D.J. 1979. Flock foraging in nectar-feeding bats: advantages to the bats and the host plants. *American Naturalist* 114:23-49.
- Humphrey S.R. y Bonaccorso F.J. 1979. Population and community Ecology. En: R.J. Baker, J.K. Jones, Jr., and D.C. Carter (eds.). Biology of bats of the New World family Phyllostomidae. Part III. Special Publications *The Museum Texas Tech. University*, 16:1-441.
- Jones, C. 1972. Comparative ecology of three pteropid bats in Rio Muni, West Africa. *Journal of Zoology. (London)*. 167: 353-370.
- Koopman, K. F. 1981. The distributional patterns of new world nectar feeding bats. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 68:352-369.
- Miranda, F. 1948. Datos sobre la vegetación de la cuenca alta del Papaloapan. *Anales del Instituto de Biología, UNAM, México*, 19: 333-364.

- Nabhan G. y T.H. Fleming 1993 The Conservation of New World Mutualisms  
International Conservation News (*Conservation Biology* 7(3) 457-459
- Nellis D. 1971. Additions to the natural history of Brachyphylla (Chiroptera). *Caribbean Journal. Science.* 11:91.
- Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-94, que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y sujetas a protección especial, y que establece especificaciones para su protección. *Diario Oficial de la Nación.* México 438:2-60-
- Ortega, J. y Arita H. 1998. Neotropical-Nearctic limits in Middle America as a determined by distribution of bats. *Journal of Mammalogy* 79:772-783.
- Osmaston, H. A. 1965. Pollen and seed dispersal en *Chlorophora excelsa* and other moraceae, and in *Parkia filicoidea* (mimosaceae), with special reference to the role of the fruit bat, *Eidolon helvum*. *Commonwealth Forest Review* 44:96-103.
- Petit S. 1997. The Diet and Reproductive Schedules of *Leptonycteris curasoae curasoae* and *Glossophaga longirostris elongata* (Chiroptera: Glossophaginae) on Curacao. *Biotropica* 29(2): 214-223.

- Quiroz, D., Xelhuantzi S y Zamora. M. 1986. Análisis palinológico del contenido gastrointestinal de murciélagos. *Colección Científica del Instituto Nacional de Antropología e Historia*.
- Ramírez-Pulido J. López-Wilchis R., Mudespacher C. 1982. Catálogo de los Mamíferos Terrestres Nativos de México. Editorial Trillas, México.
- Richards, P.W. 1973. The tropical rain forest. *Scientific American* 229:58-67.
- Rojas-Martínez, A.E. 1996. *Estudio poblacional de tres especies de murciélagos nectarívoros considerados como migratorios y su relación con la presencia estacional de los recursos florales en el Valle de Tehuacán y la cuenca del Balsas*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Rojas-Martínez A.E. y Valiente-Banuet.1996. Análisis comparativo de la quiropterofauna del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla-Oaxaca. *Acta Zoológica Mexicana* 67: 1-2.
- Rojas-Martínez, A.E., Valiente-Banuet A., Arizmendi M. Del Coro, Alcántara-Eguren A. T y Arita H. T. 1999. Seasonal distribution of the Long-Nosed bat (*Leptonycteris curasoae*) in North America: Does a Generalized Migration Pattern Really Exist? *Journal of Biogeography* 26, 1065-1077.

- Rojas-Martínez, A.E. 2001. *Determinación de los movimientos altitudinales estacionales de tres especies de murciélagos nectarívoros (Phyllostomidae: Glossophaginae) en el Valle de Tehuacán y la Cuenca del Balsas, México*. Tesis de Doctorado. Facultad de ciencias, UNAM.
- Ruiz, A., Santos M., Soriano P., Cavalier J. y Cadena A. 1997. Relaciones mutualísticas entre el murciélago *Glossophaga longirostris* y las cactáceas columnares en la zona árida de La Tatacoa, Colombia. *Biotrópica* 29(4): 469-479.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México. 432pp.
- Snow, D.W. 1965. A possible selective factor in the evolution of fruiting seasons in a tropical forest. *Oikos* 15: 274-281.
- Soriano, P., Sosa M. y Rosell O. 1991. Hábitos alimentarios de *Glossophaga longirostris* Miller (Chiroptera: Phyllostomidae) en una zona árida de los andes venezolanos. *Revista de Biología Tropical* 39(2): 263-268.
- Sosa M. y Soriano J. P. 1993. Solapamiento de la dieta entre *Leptonycteris curasoae* y *Glossophaga longirostris* (Mammalia: Chiroptera). *Revista de Biología Tropical* 41(3): 529-532.

- Sosa M. y Soriano J. P. 1996. Resource availability, diet and reproduction in *Glossophaga longirostris* (Mammalia: Chiroptera) in an arid zone of the Venezuela Andes. *Journal of Tropical Ecology* 12: 805-818.
- Thomas D. y W. Winter. 1991. On Fruits, Seeds, and Bats. *Bats* 9 (4): 8-13
- USFW. 1986. *Endangered and threatened wildlife and plant*. Department of interior United States. Fish and Wildlife Service Washington, D.C. USA. 30pp.
- Valiente-Banuet, A., Arizmendi, M Del C., Rojas-Martínez A. y Casas A. 1995. Bases ecológicas del desarrollo sustentable en zonas áridas: el caso de los bosques de cactáceas columnares en el Valle de Tehuacán y Baja California. En: IV Curso sobre la desertificación y desarrollo sustentable en América Latina y el caribe (PNUMA). Red de cooperación técnica en zonas áridas y semiáridas de América latina y el caribe (FAO). *Colegio de Posgraduados en ciencias Agrícolas. Montecillo, Chapingo, Edo. de México*. 20-30pp.
- Valiente-Banuet, Del Coro Arizmendi y Rojas-Martínez. 1996. Nectar-Feeding Bats in the Columnar Cacti Forests of Central Mexico. *Bats* 14 (2): 12-15.
- Valiente-Banuet, Del Coro Arizmendi, Rojas-Martínez, y Domínguez-Canseco. 1996. Ecological relationships between columnar cacti and nectar-feeding bats in Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 12:103-119.

Valiente-Banuet, Rojas-Martinez, Del Coro Arizmendi, Dávila. 1997. Pollination biology of two columnar cacti (*Neobuxbaumia mezcalaensis* and *Neobuxbaumia macrocephala*) in the Tehuacán Valley, Central Mexico. *American Journal of Botany* 84(4): 452-455.

Wilson, D.E. 1979. Reproductive patterns. Pp. 317-318. En: R.J. Baker, J.K. Jones, Jr., y D.C. Carter, (eds). Biology of bats of the New World family Phyllostomatidae, Part III. Special Publications. *The Museum, Texas Tech University*, 16:1-441.