



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

# POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

INSTITUTO DE BIOLOGÍA

**VARIACIÓN DEL PELO EN MURCIELAGOS ¿UNA  
CONSECUENCIA DE LOS HÁBITOS  
ALIMENTARIOS?**

## TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

**MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
(BIOLOGÍA AMBIENTAL)**

P R E S E N T A

BIOL. ITZEL ISAURA BACA IBARRA

**DIRECTOR DE TESIS: DR. VICTOR SÁNCHEZ-CORDERO DÁVILA**

MÉXICO, D.F.

FEBRERO, 2008



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.

## **Agradecimientos**

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo otorgada con la beca CONACYT durante el año 2004-1 al 2005-2.

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México por las facilidades otorgadas para la obtención del grado en Maestro en Ciencias orientación en Biología Ambiental.

Agradezco al Posgrado en Ciencias Biológicas por el apoyo otorgado durante el periodo 2004-1 al término de esta tesis.

Agradezco Al Instituto de Biología por el apoyo otorgado durante el periodo 2004-1 al término de esta tesis.

Agradezco a todos los miembros del Comité Tutoral por el apoyo recibido para la conclusión de esta tesis:

Dra. Kathryn E. Stoner

Dr. Víctor Sánchez-Cordero Dávila

Dr. Héctor Takeshi Arita Watanabe

Dr. Enrique Martínez Meyer

Dr. Miguel Briones Salas

***Agradezco a:***

A la Dra. Kathryn E. Stoner por el apoyo inmenso en la elaboración de esta tesis, dándome sus consejos, apoyo, sugerencias, trabajando duramente durante los años que duro esta tesis y su amistad que fue muy importante para finalizar esta tesis.

Al Dr. Héctor Takeshi Arita Watanabe por sus consejos, apoyos y sugerencias.

Al Dr. Víctor Sánchez-Cordero Dávila por sus consejos, apoyos y sugerencias.

Al Dr. Enrique Martínez Meyer por sus consejos y sugerencias.

Al Dr. Miguel Angel Briones Salas por sus consejos y sugerencias.

A María Berenit Mendoza Garfias por ayudarme en la elaboración y obtención de las fotografías de escamas de los pelos tomadas en el Microscopio Electrónico de Barrido, en el Instituto de Biología, UNAM y las sugerencias realizadas en esta tesis y por ofrecerme tu amistad, Gracias.

A la M. en C. Livia León Paniagua por las muestras de pelo de murciélagos y los ejemplares de murciélagos para el experimento del Túnel de viento de la Colección de Mamíferos de la Facultad de Ciencias, UNAM (MZFC)

Dr. Fernando Cervantes Reza y a la M. en C. Yolanda Hortelano Moncada por la colecta de pelo de la Colección Nacional de Mamíferos (CNMA).

Al Dr. Carlos Escalante Sandoval. Encargado del Laboratorio de Hidráulica. División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, UNAM. Agradecer el apoyo técnico proporcionado por Usted en el uso del túnel de viento.

Al Ing. Joel Carvajal Mejía y Sr. Ignacio García por el apoyo proporcionado en el túnel de viento

Sr. Fernando González Cruz por el apoyo, sugerencias y ayuda durante los experimentos en el túnel de viento.

Al M. I. Enrique César Valdez Jefe del Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, a la Ing. Marisol Escalante. Coordinadora del Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Unidad del edificio de posgrado y a la M.I. Alba B. Vázquez González. Jefa de los Laboratorios de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Por el préstamo de la balanza analítica durante los experimentos del túnel de viento.

A todos mis compañeros y amigos Camila, Francisco, Carlos (Perú), Paty, Miguel, Consuelo, Fernanda, Gaby, Anne, Edith, Nallely, Tania y María Cecilia del laboratorio de Sistemas de información Geográfica por su amistad y su compañía.

A Gilberto Martínez Pérez por la ayuda en las colectas de pelos de murciélagos, durante el experimento del túnel de viento y la colecta de polen. Cariño y comprensión durante esta tesis.

Familia Medina Niño por el apoyo durante mis estancias en Morelia, especialmente a Diana Medina por ser mi amiga!

A mi Abuelita María de la Paz por ser lo mejor que puede existir en mi vida.

A mi Mamá por ayuda inmensa y aliento para concluir esta tesis GRACIAS!

A mi Itzia por sus comentarios y sugerencias en la redacción de esta tesis y por ser mi hermana GRACIAS!

A mi Padre por ese hermoso reencuentro y aliento para concluir esta tesis GRACIAS!

## Índice

<b>Resumen</b>	<b>1</b>
<i>Abstract</i>	<b>3</b>
<b>Introducción</b>	<b>4</b>
<b>Objetivos</b>	<b>16</b>
<b>Hipótesis</b>	<b>16</b>
<b>Material y Método</b>	<b>17</b>
<b>Resultados</b>	
<b>Análisis de Estadísticos</b>	<b>25</b>
<b>Resultados</b>	<b>27</b>
<b>Discusión</b>	<b>39</b>
<b>Conclusión y Estudios Futuros</b>	<b>48</b>
<b>Literatura Citada</b>	<b>50</b>

## Resumen

El pelo es una característica anatómica exclusiva de los mamíferos. El estudio de la estructura y función es relevante, entre otras cosas, en la identificación de especies, ya que poseen características distintivas que las hacen únicas para cada especie. Una de estas estructuras con importancia para el estudio de los murciélagos son las escamas ya que presentan un tipo conocido como coronal que la hace que sea diagnóstica de los demás mamíferos. Este trabajo tiene como objetivo utilizar las escamas para comprobar si los murciélagos con hábitos nectarívoros poseen escamas con un ángulo, longitud y ancho mayor que les ayude al transporte de polen. Las muestras de pelo se tomaron de individuos depositados en la Colección Nacional de Mamíferos (CNMA) y en la Colección de Mamíferos del Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias, UNAM (MZFC). Se analizaron muestras de pelo de cinco regiones del cuerpo de los murciélagos (cabeza, cuello, hombros, dorso y pecho) de 16 especies de la Familia Phyllosomidae, se observaron al microscopio electrónico de barrido para la observación y se fotografiaron las escamas de cada especie. Además se tomaron medidas de ancho, largo y ángulo de la escama de tres secciones del pelo (punta, media y raíz) con un analizador de imágenes (ComefBreite40Demo), la identificación de los patrones cuticulares se basó en la literatura especializada. Por otra parte, y con el fin de cuantificar la cantidad de polen que quedaba en las escamas del pelo de los murciélagos, se realizó un experimento en el Túnel de viento, con ejemplares de murciélagos proporcionados por las colecciones antes mencionadas. Se utilizaron ocho especies de murciélagos, tres especies frugívoras (*Enchisthenes hartii*, *Centurio senex*, *Sturnira lilium*), dos hematófagos (*Desmodus rotundus*, *Diphylla ecaudata*, y cuatro nectarívoras (*Leptonycteris yerbabuenae*, *Hylonycteris underwoodii*, *Anoura geoffroyi*, *Choeronycteris mexicana*). Para cada individuo se realizó el experimento cinco

veces. Con el fin de cuantificar la cantidad de polen que quedaba en las escamas del pelo de los murciélagos, se esparcieron 0.1 gramos de polen en toda la parte dorsal del cuerpo de los murciélagos y fueron colocados en un túnel de viento. Después de 10 minutos se pesó los ejemplares otra vez con el fin de determinar la presencia de polen en el pelo de los murciélagos. Los resultados mostraron que los nectarívoros son el gremio que tiene una mayor retención de polen al ser sometidos al viento. Se concluye que una de las funciones del pelo, al poseer este tipo de escama, favorece que se adhiera el polen. Además, es una ventaja para la especie porque acumula más polen en su cuerpo que emplea para su consumo. Esta característica resulta en una ventaja importante para la planta polinizada por el murciélago, debido al hecho de que transportan el polen a distancias más largas.

**Palabras clave:** pelo, escamas, murciélagos, Phyllostomidae, transporte de polen, hábitos alimentarios.



## Abstract

The hair is a morphological characteristic exclusive of mammals. Studies on the structure and function of hair are relevant for species identification. One prominent hair structure are the scales which in bats have unique features resembling a crown. This study addresses if scales in hairs of nectarivorous bats show are larger and wider, and with a higher angle to facilitate pollen transportation. Hair samples of 16 species of the family Phyllosomidae were collected from the head, shoulder, back, chest and neck of specimen deposited at the Colección Nacional de Mamíferos (CNMA) and Colección de Mamíferos, Museo de Zoología, Facultad de Ciencias, UNAM (MZFC). Samples were photographed with an electron microscope. Measurements of scales were taken from 3 sections: tip, medium and root with an image analyzer (ComefBreite40Demo). I conducted an experiment to determined the amount of pollen retained by the hair of 3 frugivorous bats (*Enchisthenes hartii*, *Centurio senex*, *Sturnira lilium*), 2 sanguinivorous bats (*Desmodus rotundus*, *Diphylla ecaudata*), and 4 nectarivorous bats (*Leptonycteris yerbabuena*, *Hylonycteris underwoodii*, *Anoura geoffroyi*, *Choeronycteris mexicana*). Specimens were bathed with 0.1 grams of pollen and put in a wind tunnel for 10 min. Then, I weighed the remaining pollen; each experiment was run 5 times for each specimen. Nectarivorous bats showed larger scales and retained the highest amount of pollen compared with bats with different food habits. I conclude that one important function of these peculiar scales of hairs of nectarivorous bats is to facilitate pollen transportation and storage for consumption.

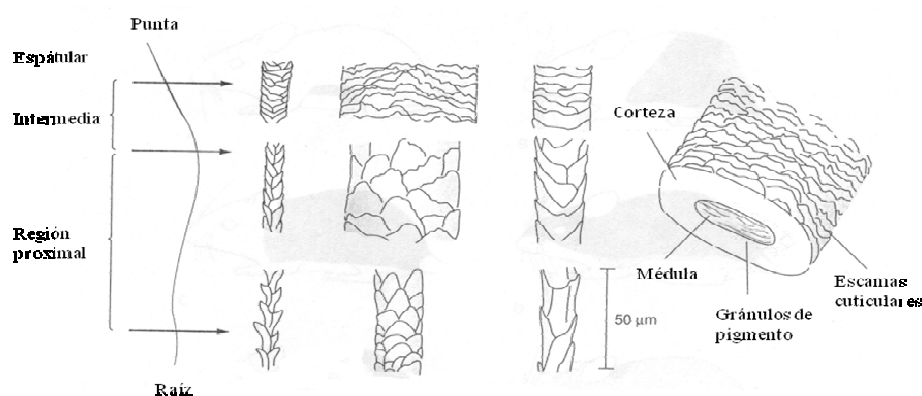
**Key words:** hair, scales, bats, Phyllostomidae, pollen transportation, feeding.

## Introducción

El pelo es un carácter de diagnóstico de los mamíferos que no tiene homólogo estructural entre los demás vertebrados. Estructuras similares pueden ser encontradas en aves, insectos, e inclusive en algunas plantas, sin embargo el pelo epidérmico verdadero es exclusivo de los mamíferos (Benedict, 1957; Mayer, 1952; Hill y Smith, 1984; Chehébar y Martín, 1989; Myers, 1997).

### *Estructura del pelo*

La estructura general del pelo comprende las siguientes secciones: raíz, región proximal, intermedia, espátular y punta. El tallo del pelo comprende tres capas: la **Médula** localizada en la parte central del pelo, consiste en células queratinizadas laxamente unidas, presentes solo en pelos gruesos. El espacio intercelular está lleno de aire. La médula está rodeada de la corteza que es el componente principal del tallo. Las células de la **corteza**, están compactadas y queratinizadas fuertemente adheridas entre sí, en esta capa se concentran la mayoría de los gránulos de pigmento. En su superficie podemos encontrar un grupo de células adheridas o separadas dispuestas en escamas a las que se denomina **escama cuticular** (Kowalski, 1981). (Figura1).



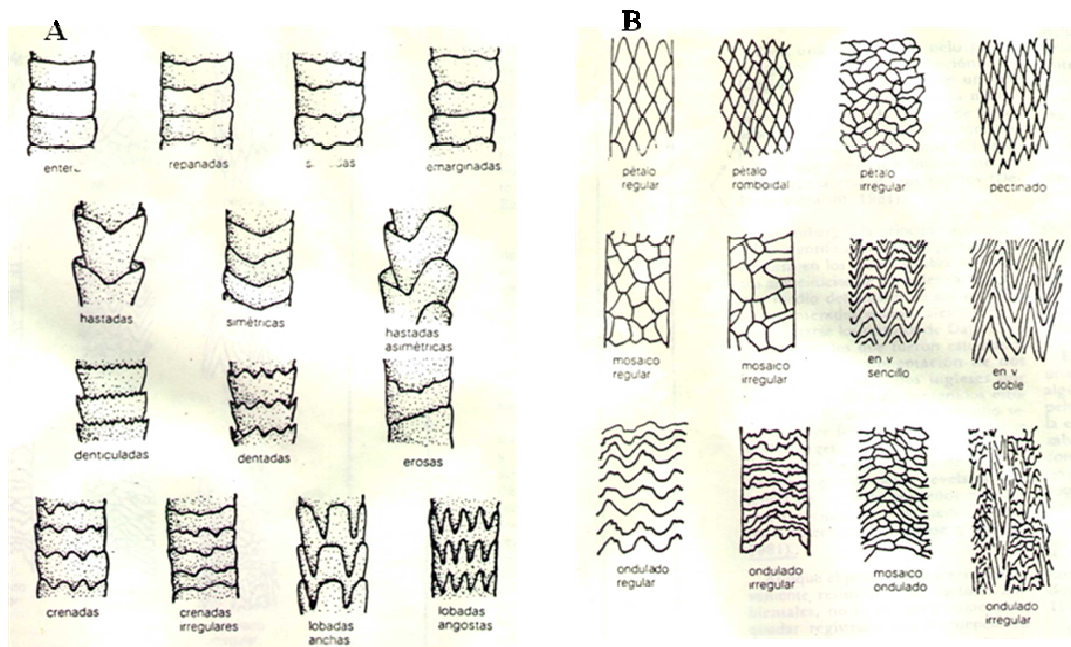
**Figura 1.** Partes de la estructura y las capas en las que se divide el tallo de un pelo de guardia dorsal (Según Teerink, 1991 tomado de Feldhamer *et al.* 1999).

El pelaje en la mayoría de los mamíferos está formado por varios tipos de pelos de los cuales los pelos de guardia son los que poseen valor taxonómico ya que presentan rasgos definidos y distintivos que son, utilizados para la identificación de las especies de mamíferos (Day, 1966; Brunner y Coman, 1974; Bubenik, 1996). Sin embargo, se utilizan las vibrisas para la identificación de algunos órdenes de mamíferos (Pocock, 1914) y los pelos de guardia y los de lana para determinar las diferencias en la estructura del pelo en el pelaje de invierno de *Odocoileus virginianus* (Bubenik, 1996).

Cabe señalar, que algunas características cualitativas de los pelos son propias de familias, géneros y especies (Chakraborty *et al.* 1996; Vázquez *et al.* 2000). Por ejemplo, en roedores, libres y conejos, la forma y disposición de las escamas en la superficie del pelo varía entre especies, no obstante el patrón medular parece ser el carácter más apropiado para la identificación de algunos mamíferos (Vázquez *et al.* 2000).

Como se ha mencionado (Hausman, 1920), las escamas poseen un valor taxonómico y, éstas a su vez, difieren de entre los grupos de mamíferos, por lo que fue necesario realizar clasificaciones para poder categorizar estos tipos de patrones de escamas. La observación de escamas permite la identificación de murciélagos, ya que, como dijimos anteriormente, poseen un valor taxonómico. Dentro del patrón de clasificación de las escamas se conocen dos tipos de categorías, las coroneles y las imbricadas y en cada una se pueden encontrar subdivisiones. Las escamas coroneles son aquellas que rodean completamente el eje del pelo y a menudo presenta una apariencia de un grupo de copas. Las subdivisiones que se tienen sobre este tipo de escama son de acuerdo a su divergencia, lo cual está determinado por la distancia en que se encuentra la escama del eje del pelo. Las escamas se clasifican en tres categorías cualitativas: adpresas, divergentes y divariacadas. Las escamas imbricadas se caracterizan por la presencia de una o más

escamas sobrelapadas que rodean completamente el eje del pelo (Hausman, 1920; Nason, 1948; Benedict, 1957). El primer tipo de escamas, que son las coroneles, lo presentan los murciélagos y, el tipo imbricadas, lo presentan los mamíferos no voladores (Hausman, 1920; Benedict, 1957; Chehébar y Martín, 1989) (Figura 2).



**Figura 2.** Tipos de escamas. **(A)** Escamas tipo coronal y **(B)** Escamas tipo imbricadas (tomado de Arita y Aranda, 1987).

Aunque existen discusiones con respecto a la especificidad de sus características, se ha comprobado que el análisis del pelo de mamíferos posee ventajas desde el punto de vista taxonómico y sistemático (Hausman, 1920; Dearborn, 1939; Williams, 1934,1938; Mayer, 1952; Benedict, 1957; Moore, 1974; Bowyer y Curry, 1983; Hess, *et al.* 1985; Fernández y Rossi, 1998; Vázquez *et al.* 2000; Anderson, 2001). Los mamíferos han sido caracterizados a través de rasgos morfológicos de los pelos, principalmente por el tipo de escamas y médula (Hausman, 1920). Además, se utilizaron otras características como patrones cuticulares, coloración, longitud, diámetro y forma del pelo en la identificación del pelo (Williams, 1934; Mathiak, 1938; Dearborn, 1939; Mayer, 1952; Latham, 1953;

Benedict, 1957; Stains, 1958; Brunner y Coman, 1974; Moore *et al.* 1974; Pantanida y Petriella, 1976; Faliu y Barrat, 1980; Bowyer y Curry, 1983; Moore y Braun, 1983; Tumilson, 1983; Hess *et al.* 1985; Arita, 1985; Wallis, 1992; Chakraborty *et al.* 1996; Fernández y Rossi, 1998; Monroy Vilchis y Rubio Rodríguez, 1999; Vázquez *et al.* 2000; Anderson, 2001; Martin *et al.* 2001; Baca-Ibarra y Sánchez-Cordero, 2004). Las técnicas empleadas para la identificación de pelo incluyen las sencillas como observación con un microscopio estereoscópico, hasta las más modernas como imágenes tomadas con un Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) y el Microscopio Electrónico de Transmisión (MET) (Williams, 1934; Mathiak, 1938; Latham, 1953; Faliu y Barrat, 1980; Bowyer y Curry, 1983; Tumilson, 1983; Hess *et al.* 1985; Quadros y Monteiro-Filho, 1998; Vázquez *et al.* 2000; Baca-Ibarra y Sánchez-Cordero, 2004).

#### *Función del pelo en mamíferos*

El pelo sirve como aislante térmico, protección, para esconderse, disimular, transferencia de agua y para tener una reacción inmediata de su entorno (Benedict, 1957; Kowalski, 1981; Hill y Smith, 1984). El carácter térmico del pelo puede tener una doble función; por un lado, conservar el calor y, por el otro, proteger contra el calor excesivo, como es el caso de algunas mamíferos que habitan en desiertos (Benedict, 1957; Myers, 1997). El pelaje también sirve de protección a la piel de la abrasión a los excesivos rayos ultravioleta (Myers, 1997). En algunos pequeños mamíferos, el pelo se dirige hacia atrás, lo que facilita al animal el escurrirse entre vegetación o agujeros (Kowalski, 1981). En mamíferos grandes, los pelos dorsales en los miembros distales se dirigen hacia abajo, lo que proporciona un flujo más eficiente al escurrir el agua de lluvia, como es el caso de los perezosos, que se cuelgan en las ramas y los pelos se dirigen hacia el dorso y en los orangutanes, que los pelos del brazo se orientan en sentido distal, pero los del antebrazo en

sentido proximal, los que les proporciona un mejor flujo del agua de lluvia (Kowalski, 1981). Los pelos de los animales de costumbres subterráneas, como el topo o la rata-topo, son blandos y crecen perpendiculares a la piel, lo que facilita el movimiento tanto hacia atrás como hacia delante en espacios pequeños (Kowalski, 1981).

Los patrones de coloración de los mamíferos tienen muchas funciones; por ejemplo, el pelaje de ciertos ungulados y roedores está marcado por bandas blancas que disfrazan al animal cuando se encuentra en sitios de sombras y luces alternantes. En los ojos existe la presencia de algunas marcas faciales que tienen la función de disimular al sobreponerle una coloración más dominante, permitiéndole, en ocasiones, pasar inadvertido para sus depredadores. El color en casi todos los mamíferos terrestres es parecido al suelo en que viven. Por ejemplo, en arenas blancas habitan roedores con pelaje de color blanco, mientras que las zonas adyacentes de lava negra habitan roedores con pelaje de color negro (Benson, 1933; Myers, 1997; Vaughan *et al.* 2000).

El contrasombreo es una forma de coloración que se observa en los mamíferos. En la mayoría de las situaciones de iluminación, el dorso del animal está iluminado por una luz más intensa que el lado ventral. Si un mamífero fuera de color uniforme, su lado ventral se vería demasiado oscuro en comparación con el dorso, lo que haría demasiado obvia su silueta. Por el contrario, cuando el dorso y los costados son oscuros, pero el lado ventral y el interior de las patas son claros, el dorso bien iluminado refleja poca luz, mientras que el lado claro sombreado tiende a reflejarla con intensidad, como resultado, se observa que la silueta del animal se disimula al tener casi el mismo tono en el dorso y el vientre, lo que lo hace menos visible, incluso a plena luz del día (Myers, 1997; Feldhamer *et al.* 1999; Vaughan *et al.* 2000). Las franjas de las cebras hacen que las manadas distantes se confundan con la vegetación, también estas franjas sirven como ilusión óptica, es decir, el

tamaño aparente del animal es mayor al real; en la luz tenue de que suelen valerse los depredadores para cazar, esa ilusión puede hacer que el depredador calcule mal la distancia y en algunas ocasiones su salto no sea preciso (Myers, 1997; Feldhamer *et al.* 1999; Vaughan *et al.* 2000).

#### *Estudios de pelo en mamíferos no voladores*

Varias claves y catálogos de identificación de pelos de mamíferos que existen sirven de apoyo a trabajos de taxonomía y ecología. A continuación detallo trabajos que ayudan a la identificación de pelos de mamíferos para abordar aspectos sobre hábitos alimentarios, detección de pieles y animales de dudosa procedencia, así como trabajos de variación geográfica entre otros: a) el estudio del uso de la morfología en la clasificación de Galagos (Primates, Subfamilia Galagoninae) en donde se realizan claves descriptivas que ayudan a la identificación, mostrando variaciones en las características del pelo que da como resultado puntos importantes en su descripción (Anderson, 2001), b) la identificación de roedores y pequeños marsupiales en Argentina con ayuda de patrones cuticulares y medulares localizados en los pelos (Fernández y Rossi, 1998), c) la caracterización de la morfología del pelo en las familias Tayassuidae y Suidae, indicando que la morfología encontrada en los pelos de estas familias cambia a lo largo de este, además del tamaño, la forma y color del pelo, los cuales son suficientes para su identificación y para los efectos de la curtición en la morfología del pelo y en un organismo recién muerto que no cambia (Hess *et al.* 1985), d) la observación longitudinal del pelo, otra técnica utilizada es el corte transversal, la cual sirve para separar los pelos de los géneros *Microtus* de los de *Eutomys*, *Lepus* de *Sylvilagus* y los de *Brachylagus* de *Ochotona* y varios géneros donde los pelajes no presentan una adecuada característica diagnóstica cuando los pelos se observan longitudinalmente (Williams, 1934; Mathiak, 1938), e) la realización de cortes

transversales desde la base hasta la punta del pelo que muestran diferencias en forma y tamaño, ayudando así a su identificación (Deaborn,1939).

Además de los cortes, la utilización de luz ultravioleta ayuda a la identificación de tres especies de comadrejas (Latham, 1953). Evitar la pérdida de agua cutánea con ayuda del pelo y relaciones filogenéticas en roedores (Homan y Genoways, 1978), relacionar los diferentes tipos de pelaje del cuerpo con funciones de aislación térmica (Bubenik, 1996), así como hábitos alimentarios en carnívoros (Coman y Brunner, 1972; Garrott, 1983; Gamberg y Atkinson, 1988; De Villa, 1998).

#### *Estudios del pelo en murciélagos*

La estructura del pelo en murciélagos ha sido considerada como inusual por muchos autores, incluyendo a Cole (1924), Mathiak (1938), Williams (1938) y Hausman (1944). Pero hay otros autores como Nason quien en 1948 identificó la morfología de los pelos de murciélagos del este de Norteamérica. Comparando dos familias la Vespertilionidae comparando dieciséis especies y la Molossidae con dos especies comparadas. En este estudio (Cole, 1924; Mathiak, 1938; Williams, 1938; Hausman, 1944) revisan la estructura del pelo de murciélagos que habitan en Norteamérica, resaltando la estructura de la escama, presencia o ausencia de la médula y diferencias entre sexos y jóvenes. A través de este estudio, se realizó para murciélagos que habitan en árboles y cuevas, teniendo en la mente una posible correlación entre la estructura del pelo de murciélagos que viven en cuevas y en árboles, y su valor taxonómico. En las dieciocho especies examinadas nunca se observa la médula concluyendo que puede ser una cuestión evolutiva la ausencia o presencia de la médula. También afirma que los factores hereditarios determinan las características básicas de la estructura de pelo y que los factores ambientales influyen en la estructura del pelo pero no alteran las características básicas, como por ejemplo, sexo, la edad, daños y ajustes



estacionales pueden afectar la condición normal del pelo. No encontró una correlación en la estructura del pelo de los murciélagos estudiados en las cuevas y árboles, indicando que siempre se presenta la misma estructura cuticular, independientemente del lugar donde habitan.

Benedict (1957), realizó un estudio que lo titula “Estructura del pelo como una característica genérica en murciélagos”. Este intenta desarrollar una herramienta taxonómica utilizando la estructura microscópica del pelo, para determinar las afinidades del grupo dentro del orden. Menciona que la estructura del pelo es uniforme en todas las regiones del cuerpo excepto en áreas especializadas como las glándulas. Solamente las variaciones sexuales son encontradas en el pelo ocasionalmente en las intensidades del color. Él compara todas las familias del orden tomando en cuenta características como: forma y longitud máxima, diámetro del filamento del pelo, forma, ancho y largo de las escamas, distribución del pigmento y presencia o ausencia de la médula. Concluye que el pelo es una herramienta de identificación y sugiere fuertemente que la estructura del pelo de murciélagos no tiene un significado adaptativo, no hay correlación entre los hábitats y la estructura del pelo. Por ejemplo, la estructura del pelo en el género cosmopolita de *Myotis* es remarcadamente uniforme, y menciona que 14 especies de *Myotis* de diferentes hábitats muestran esencialmente estructuras de pelo similares.

Miles (1965) comparó el arreglo cuticular del pelo de guardia dorsal de 15 especies de murciélagos de dos familias (*Vespertilionidae* y *Molossidae*) ubicados en Kansas, con el fin de determinar si es una característica útil para distinguir entre especies. Encontró diferencias básicas en la estructura cuticular entre los miembros de ambas familias a nivel de género, sin embargo no sirvió para distinguir a nivel de especie (excepto para *Myotis*

*velifer*). La estructura cuticular no puede ser útil a niveles específicos pero si útil a niveles taxonómicos (supraespecíficos).

La gran diversidad de formas de pelo en los mamíferos, especialmente dentro del orden Chiroptera, sugiere que podría ser un factor adaptativo en algunos grupos taxonómicos, o reflejar afinidades filogenéticas (Nason, 1948; Mayer, 1952; Benedict, 1957). Sin embargo, Nason (1948) y Benedict (1957) niegan un significado adaptativo en el pelo. Nason (1948) argumenta que este significado adaptativo no es cierto debido a que los factores hereditarios son los únicos que determinan las características básicas en la estructura del pelo de todos los mamíferos, y que los factores ambientales no tienen influencia suficiente para alterar la estructura básica del pelo. La edad, los daños y ajustes estacionales pueden afectar la condición normal del pelo, pero que no existe una correlación entre la estructura del pelo de los murciélagos aunque vivan en cuevas y árboles. Además de que algunas especies de *Myotis* que él examinó en su estudio no se pueden distinguir de los murciélagos que viven en árboles como *Lasioncterys noctivagans*, esto lo afirma debido a que no hay diferencias en el tipo de escama y la pigmentación, por lo que asevera que hay una ausencia de correlación entre los murciélagos que viven en árboles y cuevas y que es indudable que evolucionaron del mismo ancestro común. Sin embargo, Benedict (1957) revisó características del pelo como la médula, las escamas y el arreglo de los pigmentos, discute la posible relación entre los microquiropteros y los megaquiropteros debido a la pigmentación en cada una de las vacuolas que se encuentran en la médula. Además, puede llegar a separar todas las familias de murciélagos debido al tipo de escama que presentan, y en algunos casos es característica de las familias. También admite que no existe una relación en la forma de la escama de los murciélagos con su ambiente pero que debido a que hay un incremento en el conocimiento de la historia natural

que podría guiarnos a una diferente conclusión. El trabajo que realizó Benedict (1957), sobre la estructura del pelo como una herramienta taxonómica y con ayuda de otras características, reduce el número de géneros de murciélagos, y sustenta que en general existe afinidades intrafamiliares usando características propuestas, pero que en algunos casos el estatus de algunos grupos merecen reconsiderarlos.

Al mostrar las estructuras de las escamas en los murciélagos, hay dos trabajos que intentaron comprobar si existe una relación de hábitos alimentarios con la forma de la escama. En particular estos trabajos evalúan si las escamas tienen una forma para ayudar con el transporte de polen. Howell y Hodking (1976) reportan que los pelos de las especies nectarívoras de las familias de los Phyllostomidos y Pteropodidos presentan escamas divergentes y divaricadas comparadas con otras especies de estas mismas familias que son frugívoros o insectívoros. Considerando que el polen es importante, ya que es una fuente de proteína para los murciélagos nectarívoros, esto sugiere que el tipo de escamas divergente y divaricada ha evolucionado del tipo de escamas de los frugívoros como una adaptación, en la cual posiblemente sea importante en el aumento de grandes cantidades de polen en las plantas quiropterofilicas (Howell y Hodking, 1976). Sin embargo, estos autores no presentan medidas cuantitativas para ningún tipo de escama.

Thomas *et al.* (1984) reporta que las evidencias morfológicas encontradas por Howell y Hodking (1976) no son suficientes para afirmar que las escamas de los pelos de murciélagos presentan una adaptación para el transporte de polen, debido a que la morfología no difiere en los diversos grupos taxonómicos y sus hábitos alimentarios. Pero al contrario de Howell y Hodking (1976), ellos sí realizaron medidas cuantitativas, en las cuales no encuentran diferencias significativas entre el ángulo de la escama (tipo de escama) dentro de la familia Phyllostomidae.

Meyer *et al.* (1995) hacen un comentario sobre una adaptación específica de la estructura de la escama del pelo en cinco especies de Vespertilionidae europeos utilizando la técnica del Microscopio Electrónico de Barrido. Encontraron que solo la región de la punta muestra una escama de tipo coronal hastada asimétrica con partes más largas, y la región basal dentadas o lobadas. Esta peculiaridad regional de los pelos podría ser explicada como una adaptación para mantener las turbulencias de las capas de aire ayudando a permanecer quieto y deslizarse en el aire. Esta conexión es interesante debido a que estas especies de murciélagos insectívoros tienen y necesitan una excelente habilidad para el vuelo, especialmente para sus estrategias de captura de presas.

Varios trabajos han documentado una diversidad de estructuras complejas en la forma de las escamas de los pelos de guardia de varias especies de murciélagos de las familias Pteropodidae, Rhinopomatidae, Emballonoridae, Noctilionidae, Nycteridae, Megadermatidae, Rhinolophidae, Phyllostomidae, Natalidae, Furipteridae, Thyropteridae, Myzopodidae, Vespertilionidae, Mystacinidae y Molossidae (Nason, 1948; Benedict, 1957; Miles, 1965, Meyer, *et al.* 1995; Baca-Ibarra y Sánchez-Cordero, 2004).

En particular Baca-Ibarra y Sánchez-Cordero (2004) encontraron escamas de tipo coronal hastadas simétricas y asimétricas con un patrón de escamas divergentes en especies nectarívoras. Sin embargo, el estudio fue descriptivo y no compararon entre diferentes gremios de tróficos. Esta variación sugiere de una posible implicación ecológica en la forma de las escamas del pelo en especies de murciélagos. Con base en lo anterior, se propone la siguiente hipótesis general:

Las estructuras observadas en los pelos de algunas especies de murciélago pueden haberse originado para la función de transporte de polen. Se espera que dichas estructuras sólo las presenten los murciélagos con hábitos alimentarios estrechamente ligados a dicho alimento.

Además, se espera una correlación de dichas estructuras en las escamas con la eficiencia o capacidad de retener polen en el pelo.

## **Objetivos**

- Determinar si hay diferencias en el ángulo y volumen de las escamas en las tres secciones del pelo de murciélagos (punta, media y raíz).
- Documentar si hay diferencias en el tamaño de la escama (volumen) en las cinco regiones del cuerpo del murciélago (cabeza, hombros, cuello, dorso y pecho).
- Determinar si los murciélagos nectarívoros poseen escamas con divergencia mayor (mayor volumen) que otros gremios.
- Comparar la cantidad de retención de polen de los diferentes gremios.

## **Hipótesis**

- Se espera encontrar, en los murciélagos de la familia Phyllostomidos, un menor ángulo y volumen en las escamas ubicadas en la punta que en la sección media y raíz debido a que el pelo es más delgado en esta sección.
- Se espera encontrar mayor volumen en las escamas de pelos en las regiones de cabeza y cuello, comparado los hombros, dorso y pecho de los murciélagos nectarívoros porque estas son las regiones que más tienen contacto con el polen y deben ser estructurado para retener polen mejor.
- Se espera encontrar un mayor volumen en el gremio de nectarívoros debido a que esto promueve la retención de polen.
- Se espera que el gremio de los nectarívoros tendrán lo mejor capacidad de retener polen de diferencia de los gremios frugívoro, insectívoro, hematófago y carnívoro.

## Material y método

Se utilizó a la familia Phyllostomidae para este estudio debido a que presentan una amplia gama de hábitos alimenticios. Para determinar cuáles especies de la familia Phyllostomidae se utilizarían se revisó la tabla de hábitos alimentarios de murciélagos propuesta por Wetterer *et al.* (2000), con el fin de categorizar a los murciélagos en función de sus hábitos alimenticios. Con base en esto, se realizaron cinco categorizaciones de hábitos alimenticios que llamamos gremios, como hematófagos, carnívoros, insectívoros de vegetación, frugívoros y nectarívoros. Se utilizaron un total de dieciséis especies, seleccionando de tres a cuatro especies en cada gremio, dependiendo de la disponibilidad de ejemplares en la Colección Nacional de Mamíferos (CNMA) y la Colección de Mamíferos de la Facultad de Ciencias (CMFC). (Tabla 1).

**Tabla 1.** Especies de murciélagos utilizadas para la toma de muestras de las cinco regiones del cuerpo, así como para la medición de sus estructuras.

<b>Familia Subfamilia Especie</b>	<b>Hábito alimentario</b>	<b>Hábitat</b>	<b>Distribución</b>
Phyllostomidae <i>Desmododontinae</i>			
<i>Diphylla ecaudata</i>	Hematófago estricto (Greenhall <i>et al.</i> 1984; Wetterer <i>et al.</i> 2000)	Restringido a regiones tropicales y subtropicales (Greenhall <i>et al.</i> 1984).	Su distribución comienza desde Texas hasta Brasil. (Greenhall <i>et al.</i> 1984)
<i>Desmodus rotundus</i>	Hematófago estricto (Greenhall <i>et al.</i> 1983; Wetterer <i>et al.</i> 2000).	Este murciélago se restringe a áreas cálidas (Greenhall <i>et al.</i> 1983).	Se distribuye desde el este (norte de Tamaulipas) y oeste de México (norte de Sonora), hasta Sudamérica (Greenhall <i>et al.</i> 1983).
<i>Diaemus youngi</i>	Hematófago estricto (Greenhall y	Se presentan usualmente en áreas abiertas, en bosques	Se localiza desde Tamaulipas en México hasta el

	Schutt, 1996; Wetterer <i>et al.</i> 2000).	deciduos y en selvas altas perennifolias (Greenhall y Schutt, 1996)	sureste de México y América del Sur (Greenhall y Schutt, 1996).
Phyllostominae			
<i>Lonchorhina aurita</i>	Es primordialmente insectívoro estricto, aunque se han colectado algunos ejemplares con pulpa de fruta (Lassieur y Wilson, 1989; Wetterer <i>et al.</i> 2000; Giannini y Kalko, 2004).	Bosque tropical, se han reportado que se localizan en zonas semiáridas entre Caatinga y bosque cerrado en Brasil (Lassieur y Wilson, 1989).	En México se distribuye en: Oaxaca, Tabasco, Chiapas, Quintana Roo hasta América del Sur (Lassieur y Wilson, 1989).
<i>Micronycteris microtis</i>	Se considera insectívoro predominante y frugívoro complementario, y en algunos lugares como Colombia es considerado como nectarívoro (Alonso-Mejía y Medellín, 1991; Wetterer <i>et al.</i> 2000; Arizmendi <i>et al.</i> 2002; Giannini y Kalko, 2004).	Es ampliamente distribuido y se localiza en regiones como: áreas secas y húmedas, en selvas y bosques deciduo, en claros, vegetación secundaria y marismas (Alonso-Mejía y Medellín, 1991).	Se localiza en el oeste de Jalisco, este Tamaulipas y la Península de Yucatán, en México, por el sureste hasta América del Sur (Alonso-Mejía y Medellín, 1991).
<i>Trachops cirrhosus</i>	Insectívoro complementario, carnívoro “predominante”, frugívoro complementario (Wetterer <i>et al.</i> 2000; Cramer <i>et al.</i> 2001; Giannini y Kalko, 2004).	Se localiza en el bosque tropicales secos, región semiárida de la Caatinga (Cramer <i>et al.</i> 2001).	Se distribuye en el sureste de México (Oaxaca, Chiapas), hasta América del sur (Cramer <i>et al.</i> 2001).
<i>Chrotopterus auritus</i>	Esta especie principalmente es	Se localiza en la selva alta, selva	En México se localizan en los



	carnívora e insectívora. Se considera que puede ser hematófaga y frugívora (Medellín, 1989; Wetterer <i>et al.</i> 2000; Giannini y Kalko, 2004)	baja caducifolia, bosque mesófilo de montaña (Medellín, 1989).	estados de Oaxaca, Chiapas, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán. Se extiende a través de América Central hasta América del Sur (Medellín, 1989).
<i>Vampyrum spectrum</i>	Insectívoro complementario, carnívoro predominante y frugívoro complementario (Navarro y Wilson, 1982; Wetterer <i>et al.</i> 2000).	Esta especie se restringe a regiones de bosque neotropical, con rango elevación de 1650 m (Navarro y Wilson, 1982).	Su distribución es en Veracruz, México, hacia el sur cruzando las islas de Trinidad, el centro de Brasil y Perú. Hay registros en Jamaica (Navarro y Wilson, 1982).
<i>Lophostoma evotis</i>	Insectívoro complementario, carnívoro predominante y frugívoro complementario (Medellín y Arita, 1989; Wetterer <i>et al.</i> 2000).	Ocupa selva alta del extremo norte Neotropical (Medellín y Arita, 1989).	En México se localiza en Chiapas, Tabasco y el sur de Veracruz, Campeche y Quintana Roo hasta la parte central de Honduras (Medellín y Arita, 1989).
<i>Mimon cozumelae</i>	Insectívoro predominante, carnívora presente, frugívoro y nectarívora complementaria (Ortega y Arita, 1997; Wetterer <i>et al.</i> 2000).	Se localiza en la selva alta perennifolia y en las parte bajas de las selvas altas (Ortega y Arita, 1997).	Se distribuyen en Veracruz, en México hasta el sureste de Brasil (Ortega y Arita, 1997).
Stenodermatinae			
<i>Sturnira lilium</i>	Insectívoro complementario, frugívoro predominante y nectarívoro complementario	Se encuentra en selvas húmedas y semi-húmedas, además de las partes de selva húmeda y las áreas	Se distribuye desde el noroeste de México (Sonora) atravesando América Central y América de Sur (Gannon <i>et</i>

	(Gannon <i>et al.</i> 1989; Wetterer <i>et al.</i> 2000; Simmons y Wetterer <i>et al.</i> 2000; Stoner, 2002).	abiertas (Gannon <i>et al.</i> 1989).	<i>al.</i> 1989).
<i>Centurio senex</i>	Frugívoro estricto (Snow <i>et al.</i> 1980; Wetterer <i>et al.</i> 2000).	Bosque deciduo, bosque tropical húmedo y xerófilo (Snow <i>et al.</i> 1980).	Se distribuye desde Sinaloa y Tamaulipas en México, América Central hasta zona costera de América del Sur (Snow <i>et al.</i> 1980).
<i>Enchisthenes hartii</i>	Frugívoro estricto (Arroyo-Cabrales y Owen, 1997; Wetterer <i>et al.</i> 2000).	Bosque tropical y bosque lluvioso, cafetales, bosque deciduo (Arroyo-Cabrales y Owen, 1997).	Se distribuye desde la parte norte y centro de México hacia el sur a través de América Central y del Sur (Arroyo-Cabrales y Owen, 1997).
<b>Glossophaginae</b>			
<i>Leptonycteris yerbabuena</i>	Insectívoro complementario, frugívoro complementario y nectarívoro predominante (Wetterer <i>et al.</i> 2000; Simmons y Wetterer, 2002; Arizmendi <i>et al.</i> , 2002; Stoner, 2002).	Presente en matorral desértico o chaparral, selvas bajas caducifolias, bosques de pino-encino, bosque espinoso, bosque tropical subcaducifolio y bosque mesófilo de montaña en zonas más bajas y cálidas que <i>L. nivalis</i> (Arita, 1991).	Se distribuye de Arizona y Nuevo México en los Estados Unidos hasta Colombia y Venezuela (Arizmendi <i>et al.</i> 2002).
<i>Anoura geoffroyi</i>	Insectívoro complementario, frugívoro complementario y nectarívoro predominante (Gadrner, 1977 Wetterer <i>et al.</i>	Se localiza a altas latitudes y en los bosque húmedo (Arizmendi <i>et al.</i> 2002).	Se distribuye ampliamente por el neotrópico, desde México hasta Brasil (Simmons y Wetterer, 2002; Arizmendi <i>et al.</i> 2002).

	2000; Simmons y Wetterer, 2002; Arizmendi <i>et al.</i> 2002).		
<i>Choeronycteris mexicana</i>	Insectívoro complementario, frugívoro complementario y nectarívoro predominante (Arroyo-Cabrales <i>et al.</i> 1897; Wetterer <i>et al.</i> 2000; Simmons y Wetterer, 2002).	Se presenta en una amplia gama de hábitats incluyendo el bosque tropical deciduo (Simmons y Wetterer, 2002)	Se distribuye desde California, Arizona y suroeste de Nuevo México hacia el sur atravesando la parte norte y centro de México hasta el Salvador y Honduras (Arroyo-Cabrales <i>et al.</i> 1897).

#### *Colección y preparación de pelo*

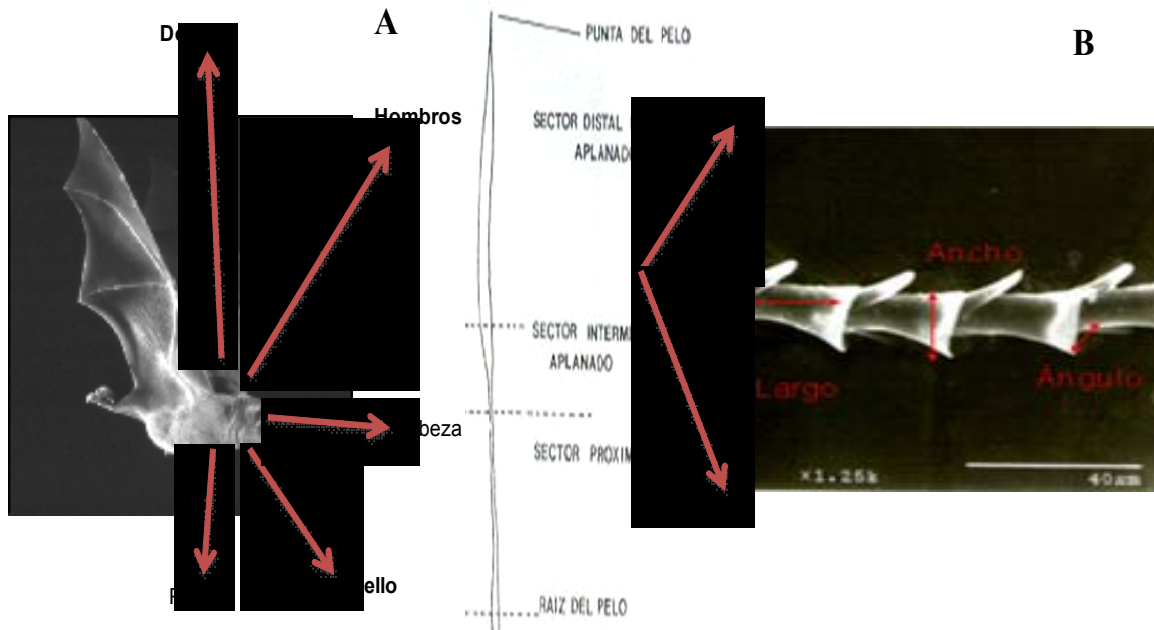
Se realizó una salida al campo a la estación de biología de Chamela, Jalisco, con la finalidad de coleccionar pelos de organismos vivos. Con un muestreo pequeño (cinco individuos de *Desmodus rotundus*, tres individuos de *Leptonycteris yerbabuena* y dos individuos de *Sturnira lilium*), se comparó la estructura de la escama entre individuos vivos y ejemplares del museo con el fin de determinar si existen diferencias en la estructura del pelo. Debido a que no se encontraron diferencias, se procedió a realizar el estudio con ejemplares de colecciones. Las muestras de pelo se obtuvieron de ejemplares depositados en la Colección Nacional de Mamíferos (CNMA) y la Colección de Mamíferos, Museo de Zoología, Facultad de Ciencias, UNAM (CMFC). De las especies seleccionadas, se tomaron muestras de 10 individuos por especie, excepto para las especies *Lonchorhina aurita*, *Lophostoma evotis*, *Trachops cirrhosus*, *Chrotopterus auritus* y *Vampyrum spectrum*. Con sólo dos individuos porque no había más en las colecciones. De cada individuo se tomó un mechón de pelos con pinzas provenientes de la parte de la cabeza, hombros, dorso, cuello y del pecho. Una vez obtenidos los pelos se guardaron en bolsas de

plástico y fueron rotulados con los siguientes datos: nombre de la especie, sexo, región del cuerpo y número de catálogo del ejemplar.

En la observación de escamas del pelo se utilizó la técnica del Microscopio Electrónico de Barrido (**MEB**) para obtener fotos de cada pelo y medir las escamas. La técnica consistió en los siguientes pasos: se realizó un lavado del material, para lo cual, los pelos colectados se colocaron en cajas de Petri, que contenían agua jabonosa. Este procedimiento se utilizó para eliminar la grasa y partículas extrañas de los pelos. Después se secaron las muestras de pelo, dejándose a la intemperie, para que el agua con jabón se evaporara. Posteriormente en el portamuestra se colocó una cinta adhesiva de carbón con pegamento en ambos lados y se depositaron cinco pelos. Para finalizar el proceso se realizó un baño de oro al pelo para poder observar las escamas en el microscopio.

#### *Medidas del pelo*

De cada individuo de murciélago se colectó un mechón de pelos de cinco regiones del cuerpo: cabeza, cuello, dorso, hombros y pecho (Figura 3a). Del mechón se utilizaron cinco pelos de cada región para cada murciélago. De estos cinco pelos se obtuvieron tres fotografías por pelo, llamadas secciones: de la raíz, región media y de la punta. De las fotografías se tomaron las medidas de cinco escamas en cada sección. Se midió el ángulo, ancho, y largo de las escamas utilizando un programa de analizador de imágenes (ComefBreite40\_Demo). El ángulo fue medido como la distancia entre el eje de pelo y el apertura de la escama (Figura 3b). Debido que la forma de la escama se asemeja a la forma de un cono, se estimó el volumen de una escama utilizando la fórmula del cono:  $V = \pi \times r^2 \times h / 3$ . Donde  $r^2 = (0.5 \times \text{ancho de la escama})^2$  y  $h =$  altura de la escama.



**Figura 3.** (A) Regiones del cuerpo donde se tomó el mechón de pelos y (B) Forma en que se tomaron ángulo, ancho y largo (volumen) de *Leptonycteris yerbabuena* de cada una de las secciones del pelo.

### *Experimento de túnel de viento*

Con el fin de determinar si los pelos de diferentes gremios tienen una distinta capacidad de retención de polen, se realizó un experimento con ejemplares de murciélagos en un túnel de viento. Los ejemplares fueron prestados por la Colección de Mamíferos, Museo de Zoología, Facultad de Ciencias, UNAM (CMFC). Se utilizaron ocho especies de murciélagos, tres especies frugívoras (*Enchisthenes hartii*, *Centurio senex*, *Sturnira lilium*), dos hematófagos (*Desmodus rotundus*, *Diphylla ecaudata*, y cuatro nectarívoros (*Leptonycteris yerbabuena*, *Hylonycteris underwoodii*, *Anoura geoffroyi*, *Choeronycteris mexicana*). De cada individuo de cada especie, se realizó el experimento cinco veces.

Se utilizó polen fresco de plantas vivas de girasol (*Helianthus annuus*). Se esparció 0.1 gramos de polen en toda la parte dorsal del cuerpo del murciélago y fueron colocados en plaquitas de plástico en una base de aluminio en un túnel de viento (subsonic wind tunnel;

Armfield Technical education), en el Laboratorio de Hidráulica (Instituto de Ingeniería, UNAM). En el túnel fueron sometidos a ráfagas de viento de 10 m/s (36 km/h), por 10 minutos, con cinco repeticiones por individuo. Con el propósito de cuantificar el polen remanente en las escamas, se pesó el ejemplar antes de ser sometidos al túnel de viento y después de ser sometidos al túnel de viento (Figura 4). La balanza analítica tenía una precisión de 0.0001 gramos.



**Figura 4.** Fotografía del túnel de viento (*subsonic wind tunnel; Armfield Technical education*), en el Laboratorio de Hidráulica (Instituto de Ingeniería, UNAM).

## Análisis estadísticos

Para los análisis posteriores, se utilizó el promedio de cinco escamas de cada individuo de cada sección del pelo para representar el individuo.

Con el fin de determinar si existían diferencias en el volumen y el ángulo de las escamas a lo largo del pelo, se compararon las tres secciones (punta, media y raíz). Se utilizó un modelo lineal generalizado (GLM) aplicando el procedimiento PROC GENMOD. El modelo usa como variable independiente categórica sección del pelo, y la variable dependiente fue volumen y ángulo, respectivamente, para los dos análisis. El análisis empleó una distribución Poisson para volumen con una función “*logit link*” y una distribución normal para ángulo (SAS, 2001).

Con el fin de determinar si existen diferencias en el volumen de la escama en las diferentes regiones del cuerpo (cabeza, hombros, cuello, dorso, pecho), se utilizó un modelo lineal generalizado (GLM) aplicando el procedimiento PROC GENMOD para medidas repetidas donde el individuo fue la medida repetida. El modelo usa como variables independientes categóricas región de cuerpo y gremio, y la variable dependiente fue el volumen de la punta de la escama. Los análisis emplean una distribución Poisson y una función “*logit link*” (SAS, 2001).

Con el fin de determinar si existían diferencias en el volumen total de la escama entre los diferentes gremios (nectarívoro, frugívoro, insectívoro, hematófago, y carnívoro) se utilizó un modelo lineal generalizado (GLM) aplicando el procedimiento de análisis multivariado de varianza. El modelo usa como variables independientes categóricas gremio, y especie anidada en gremio y la variable dependiente fue el volumen total de la escama. Los análisis emplean una distribución Poisson (SAS, 2001).

Para determinar si hay diferencias en la capacidad de retención de polen en murciélagos según el gremio, se utilizó un modelo lineal generalizado (GLM) aplicando el procedimiento PROC GENMOD para medidas repetidas donde el individuo fue la medida repetida. El modelo usa como variable independiente categórica gremio, y la variable dependiente fue la retención del polen. Los datos iniciales de retención de polen presentaron una distribución tipo poisson, debido a esto se normalizaron los datos con un exponencial en base diez (SAS, 2001).



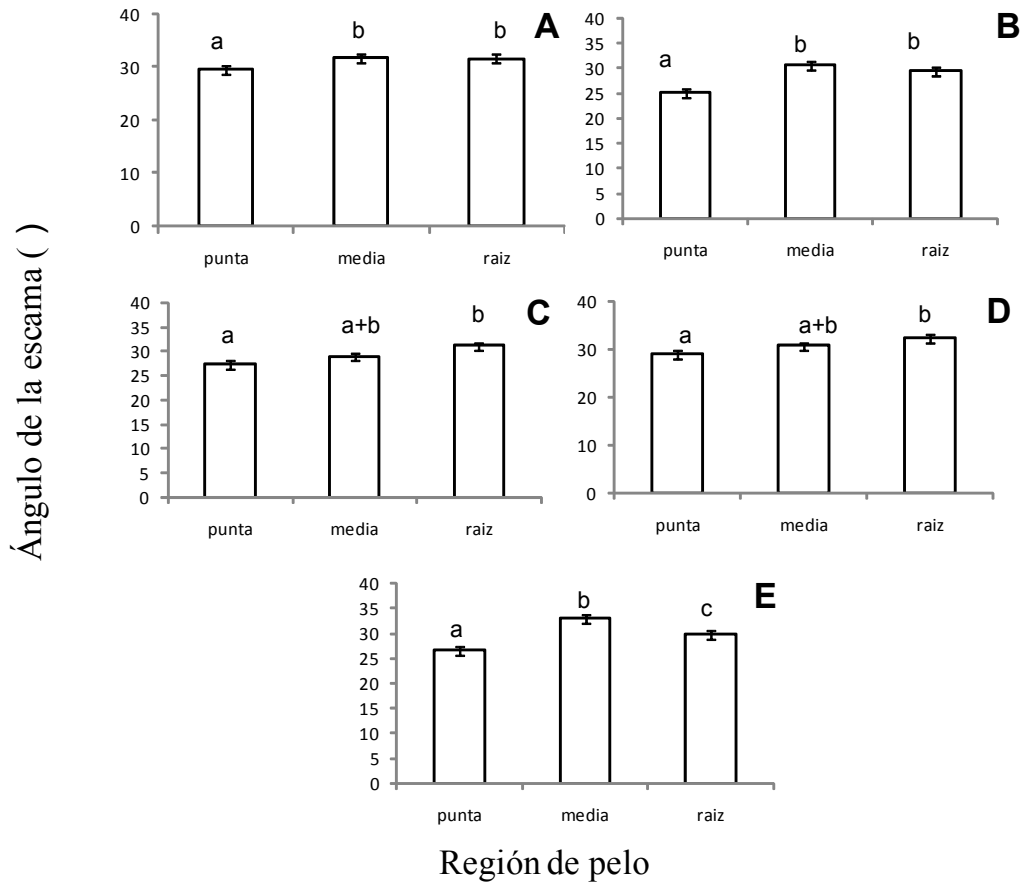
## Resultados

### 1) Determinar si hay diferencias en el ángulo y volumen de la escama en las tres secciones del pelo (punta, media y raíz)

Hay diferencias significativas en el ángulo de la escama a lo largo del pelo (Tabla 2 y Figura 5). El ángulo de la escama es menor en la punta que en la media o raíz en todas las regiones del cuerpo, y esta diferencia es significativa en las regiones que más llenan con polen: la cabeza, el cuello, y el pecho.

**Tabla 2.** Resultados del ángulo de la escama por región de pelo y cuerpo. Las letras a, b y c representan las diferencias que existen entre las regiones del cuerpo y del pelo. Cuando se repiten algunas de las letras indican que no hay diferencias significativas.

Región cuerpo	Región pelo	X <sup>2</sup>	p	Simbología en las graficas
<b>cabeza</b>	punta	3.54	0.0598	a
	media	3.31	0.0690	a
	raíz	0.00	0.9492	a
<b>cuello</b>	punta	24.41	0.0001	a
	media	15.09	0.0001	b
	raíz	1.11	0.2910	a+b
<b>dorso</b>	punta	3.18	0.0745	a
	media	16.91	0.0001	b
	raíz	5.43	0.0198	a
<b>hombros</b>	punta	3.18	0.0747	a
	media	12.4	0.0004	b
	raíz	3.03	0.0819	a
<b>pecho</b>	punta	41.47	0.0001	a
	media	10.47	0.0012	b
	raíz	10.26	0.0014	c

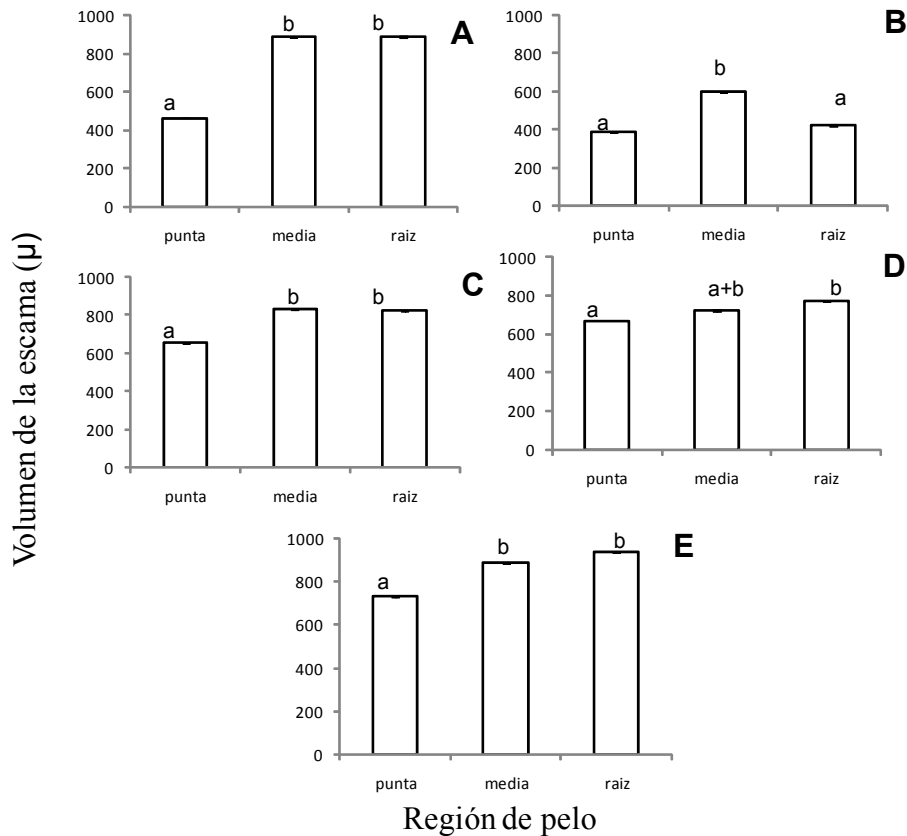


**Figura 5.** Variación del ángulo de la escama en las diferentes secciones del pelo (punta, media y raíz), en las cinco regiones del cuerpo de los murciélagos (cabeza (A), cuello (B), dorso (C), hombros (D) y pecho (E)). Las letras a, b, c, etc. indican las diferencias significativas entre las barras, cuando se repiten algunas de las letras indican que no hay diferencias significativas.

Hay diferencias significativas en el volumen de la escama por sección del pelo (punta, media y raíz) (Tabla 3 y Figura 6). El volumen de la escama en la punta es menos en comparación a las secciones de media y raíz y esta diferencia es significativa por 4 de 5 de las regiones del cuerpo.

**Tabla 3.** Resultados del ángulo de la escama por región de pelo y cuerpo. Las letras a, b y c representan las diferencias que existen entre las regiones del cuerpo y del pelo. Cuando se repiten algunas de las letras indican que no hay diferencias significativas.

Región cuerpo	Región pelo	X <sup>2</sup>	p	Simbología en las graficas
<b>cabeza</b>	punta	33.11	0.0001	a
	media	33.33	0.0001	b
	raíz	0.00	0.9836	a+b
<b>cuello</b>	punta	39.40	0.0001	a
	media	1.64	0.2000	a+b
	raíz	25.41	0.0001	b
<b>dorso</b>	punta	11.13	0.0009	a
	media	10.13	0.0013	b
	raíz	0.02	0.9881	a+b
<b>hombros</b>	punta	2.38	0.1231	a
	media	7.76	0.0053	b
	raíz	1.56	0.2123	a
<b>pecho</b>	punta	10.34	0.0013	a
	media	17.09	0.0001	b
	raíz	0.86	0.3533	a+b



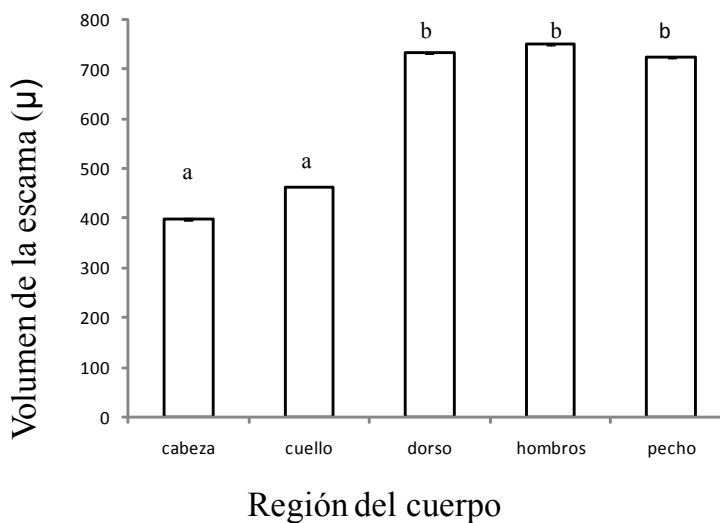
**Figura 6.** Volumen de la escama en las diferentes secciones del pelo (punta, media y raíz), en las cinco regiones del cuerpo de los murciélagos (cabeza (A), cuello (B), dorso (C), hombros (D) y pecho (E)). Las letras a, b, c, etc. indican las diferencias significativas entre las barras, cuando se repiten algunas de las letras indican que no hay diferencias significativas.

**2) Documentar si hay diferencias en el volumen de la escama en la sección de la punta de pelo en las cinco regiones del cuerpo del murciélago (cabeza, cuello, dorso, hombros y pecho)**

Debido a que en los análisis anteriores se encontró que hay diferencias significativas en el volumen y ángulo de la escama dependiendo de la sección del pelo, se decidió utilizar solo una sección del pelo para este análisis y se escogió la punta del pelo. Hay diferencias significativas en el volumen de la escama en las diferentes regiones del cuerpo con el volumen menor en las regiones de cabeza y cuello (Tabla 4 y Figura 7).

**Tabla 4.** Comparación del volumen de la escama en las diferentes regiones del cuerpo

Comparación entre región del cuerpo	X <sup>2</sup>	p
Cabeza-Cuello	2.25	0.1339
Cabeza-Dorso:	48.05	0.0001
Cabeza-Hombros	61.40	0.0001
Cabeza-Pecho	48.60	0.0001
Cuello-Dorso	27.58	0.0001
Cuello-Hombros	27.57	0.0001
Cuello-Pecho	27.57	0.0001
Dorso-Hombros	0.15	0.6966
Dorso-Pecho:	0.03	0.8677
Hombros-Pecho	0.36	0.5469

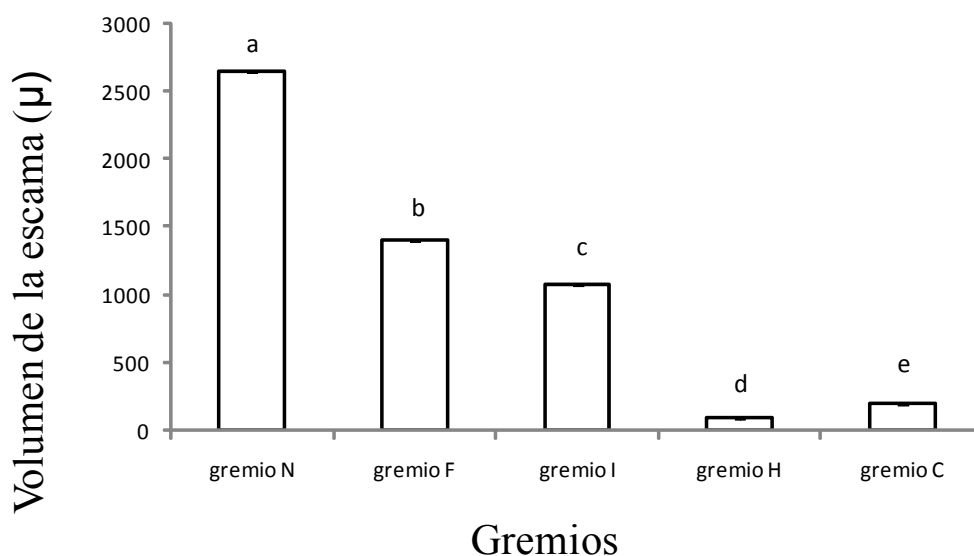


**Figura 7.** Volumen de la escama en la sección de la punta en las cinco regiones del cuerpo de los murciélagos. Las letras a, b, c, etc. indican las diferencias significativas entre las barras, cuando se repiten algunas de las letras indican que no hay diferencias significativas

Este análisis también mostró diferencias significativas en el volumen de la escama en la sección de la punta entre gremios (Tabla 5 y Figura 8). Los nectarívoros tenían el volumen más grande, seguido por los frugívoros, los insectívoros, los hematófagos y los carnívoros.

**Tabla 5.** Comparación del volumen de la escama en los diferentes gremios (N: nectarívoros; F: frugívoros; I: insectívoros; H: hematófagos; C: carnívoros).

Comparación entre gremios	X <sup>2</sup>	p
C-F	82.27	0.0001
C-H	13.56	0.0002
C-I	60.12	0.0001
C-N	144.09	0.0001
F-H	2896.7	0.0001
F-I	21.07	0.0001
F-N	168.18	0.0001
H-I	1608.2	0.0001
H-N	3732.9	0.0001
I-N	221.03	0.0001



**Figura 8.** Volumen de la escama en la sección de la punta entre gremios (N: nectarívoros; F: frugívoros; I: insectívoros; H: hematófagos; C: carnívoros). Las letras a, b, c, etc. indican las diferencias significativas entre las barras, cuando se repiten algunas de las letras indican que no hay diferencias significativas.

**3) Determinar si hay diferencias entre especies de murciélago en la divergencia de la escama (volumen) y se existe diferencias entre los gremios.**

Se obtuvo diferencias significativas en el promedio total de la escama entre especies (Tabla 6, 7, 8, 9, 10 y Figura 9). Además, se encontró diferencias significativas en el promedio total del volumen de la escama entre gremios. Los nectarívoros tenían el volumen más grande, seguido por los frugívoros, los insectívoros, los hematófagos y los carnívoros. Este mismo patrón fue observado en las cinco regiones del cuerpo (Tabla 11 y Figura 10).

**Tabla 6.** Comparación del promedio total de la escama por especies en la región de la cabeza.

<b>Gremio</b>	<b>Especie</b>	<b>Promedio total de la escama</b>
nectarívoros	<i>Choeronycteris mexicana</i>	2309.955
	<i>Anoura geoffroyi</i>	1762.421
	<i>Leptonycteris yerbabuenae</i>	1850.553
frugívoros	<i>Centurio senex</i>	1138.65
	<i>Sturnira lilium</i>	1277.838
	<i>Enchisthenes hartii</i>	1334.702
insectívoros	<i>Lonchorhina aurita</i>	1.755
	<i>Lophostoma evotis</i>	4.405
	<i>Micronycteris microtis</i>	436.041
	<i>Mimon cozumelae</i>	436.796
hematófagos	<i>Diaemus youngi</i>	5.9
	<i>Desmodus rotundus</i>	50.248
	<i>Diphylla ecaudata</i>	57.589
carnívoros	<i>Chrotopterus auritus</i>	7.38
	<i>Vampyrum spectrum</i>	48.41
	<i>Trachops cirrhosus</i>	58.57

**Tabla 7.** Comparación del promedio total de la escama por especies en la región del cuello.

<b>Gremio</b>	<b>Especie</b>	<b>Promedio total de la escama</b>
nectarívoros	<i>Choeronycteris mexicana</i>	2069.68
	<i>Anoura geoffroyi</i>	1513.55
	<i>Leptonycteris yerbabuena</i>	1632.2
frugívoros	<i>Centurio senex</i>	1138.65
	<i>Sturnira lilium</i>	1490.772
	<i>Enchisthenes hartii</i>	1233.294
insectívoros	<i>Lonchorhina aurita</i>	1.595
	<i>Lophostoma evotis</i>	3.415
	<i>Micronycteris microtis</i>	612.062
	<i>Mimon cozumelae</i>	425.476
hematófagos	<i>Diaemus youngi</i>	1.555
	<i>Desmodus rotundus</i>	55.694
	<i>Diphylla ecaudata</i>	68.047
carnívoros	<i>Chrotopterus auritus</i>	3.29
	<i>Vampyrum spectrum</i>	3.29
	<i>Trachops cirrhosus</i>	58.01

**Tabla 8.** Comparación del promedio total de la escama por especies en la región del dorso.

<b>Gremio</b>	<b>Especie</b>	<b>Promedio total de la escama</b>
nectarívoros	<i>Choeronycteris mexicana</i>	1478.451
	<i>Anoura geoffroyi</i>	1130.595
	<i>Leptonycteris yerbabuena</i>	1357.836
frugívoros	<i>Centurio senex</i>	1070.862
	<i>Sturnira lilium</i>	1146.964
	<i>Enchisthenes hartii</i>	1302.758
insectívoros	<i>Lonchorhina aurita</i>	1.08
	<i>Lophostoma evotis</i>	8.315
	<i>Micronycteris microtis</i>	890.535
	<i>Mimon cozumelae</i>	403.504
hematófagos	<i>Diaemus youngi</i>	1.99
	<i>Desmodus rotundus</i>	72.422
	<i>Diphylla ecaudata</i>	47.207
carnívoros	<i>Chrotopterus auritus</i>	2.74
	<i>Vampyrum spectrum</i>	37.895
	<i>Trachops cirrhosus</i>	55.75

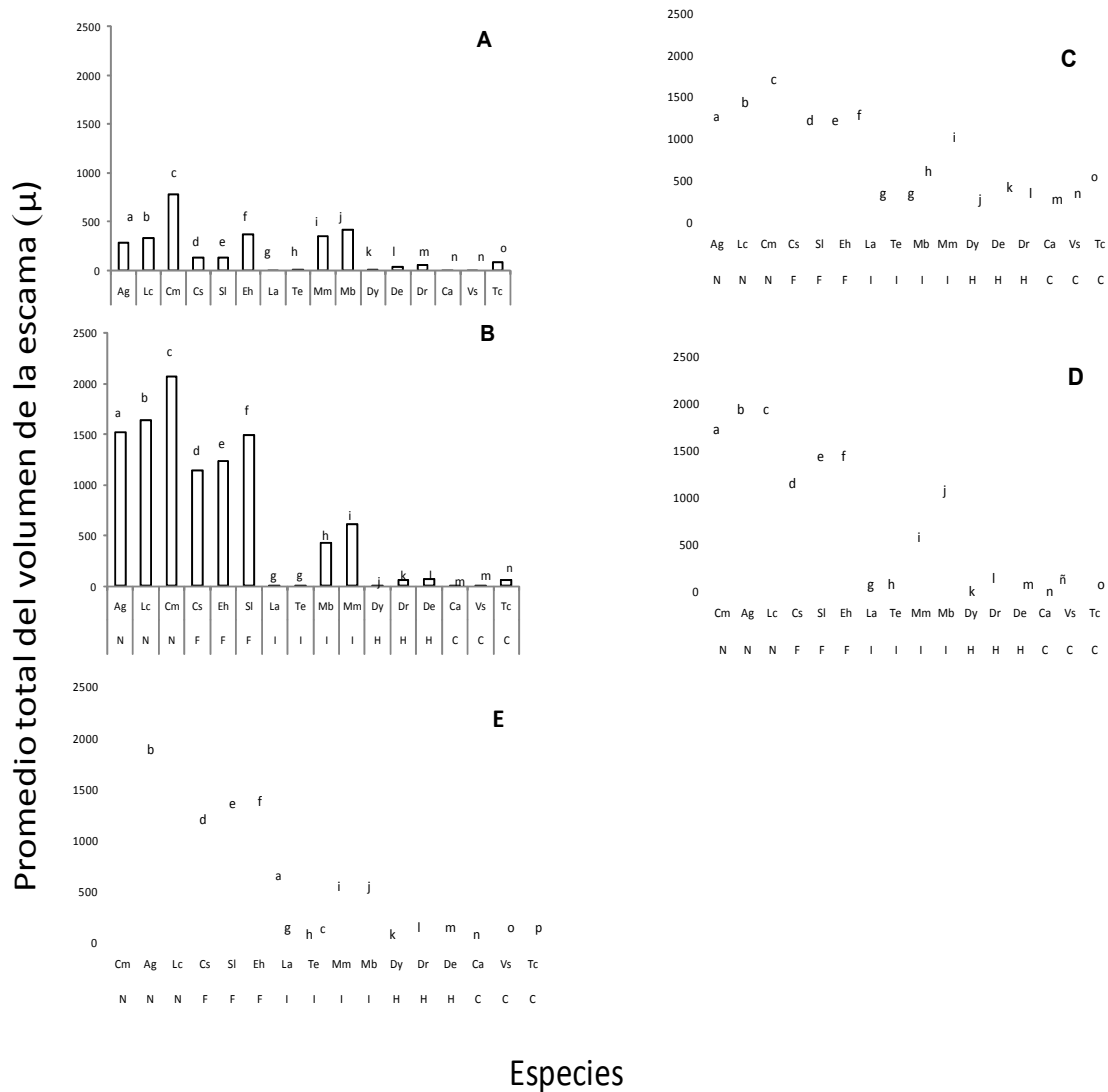
**Tabla 9.** Comparación del promedio total de la escama por especies en la región de los hombros.

<b>Gremio</b>	<b>Especie</b>	<b>Promedio total de la escama</b>
nectarívoros	<i>Choeronycteris mexicana</i>	1541.239
	<i>Anoura geoffroyi</i>	1760.524
	<i>Leptonycteris yerbabuenae</i>	1760.524
frugívoros	<i>Centurio senex</i>	1032.9
	<i>Sturnira lilium</i>	1277.838
	<i>Enchisthenes hartii</i>	1334.702
insectívoros	<i>Lonchorhina aurita</i>	1.545
	<i>Lophostoma evotis</i>	4.34
	<i>Micronycteris microtis</i>	508.92
	<i>Mimon cozumelae</i>	953.659
hematófagos	<i>Diaemus youngi</i>	4.76
	<i>Desmodus rotundus</i>	48.853
	<i>Diphylla ecaudata</i>	4.76
carnívoros	<i>Chrotopterus auritus</i>	3.665
	<i>Vampyrum spectrum</i>	48.41
	<i>Trachops cirrhosus</i>	58.57

**Tabla 10.** Comparación del promedio total de la escama por especies en la región del pecho.

<b>Gremio</b>	<b>Especie</b>	<b>Promedio total de la escama</b>
nectarívoros	<i>Choeronycteris mexicana</i>	2309.955
	<i>Anoura geoffroyi</i>	1762.421
	<i>Leptonycteris yerbabuenae</i>	1850.553
frugívoros	<i>Centurio senex</i>	1138.65
	<i>Sturnira lilium</i>	1277.838
	<i>Enchisthenes hartii</i>	1334.702
insectívoros	<i>Lonchorhina aurita</i>	1.755
	<i>Lophostoma evotis</i>	4.405
	<i>Micronycteris microtis</i>	436.041
	<i>Mimon cozumelae</i>	436.796
hematófagos	<i>Diaemus youngi</i>	5.9
	<i>Desmodus rotundus</i>	50.248
	<i>Diphylla ecaudata</i>	57.589
carnívoros	<i>Chrotopterus auritus</i>	7.38
	<i>Vampyrum spectrum</i>	48.41
	<i>Trachops cirrhosus</i>	58.57

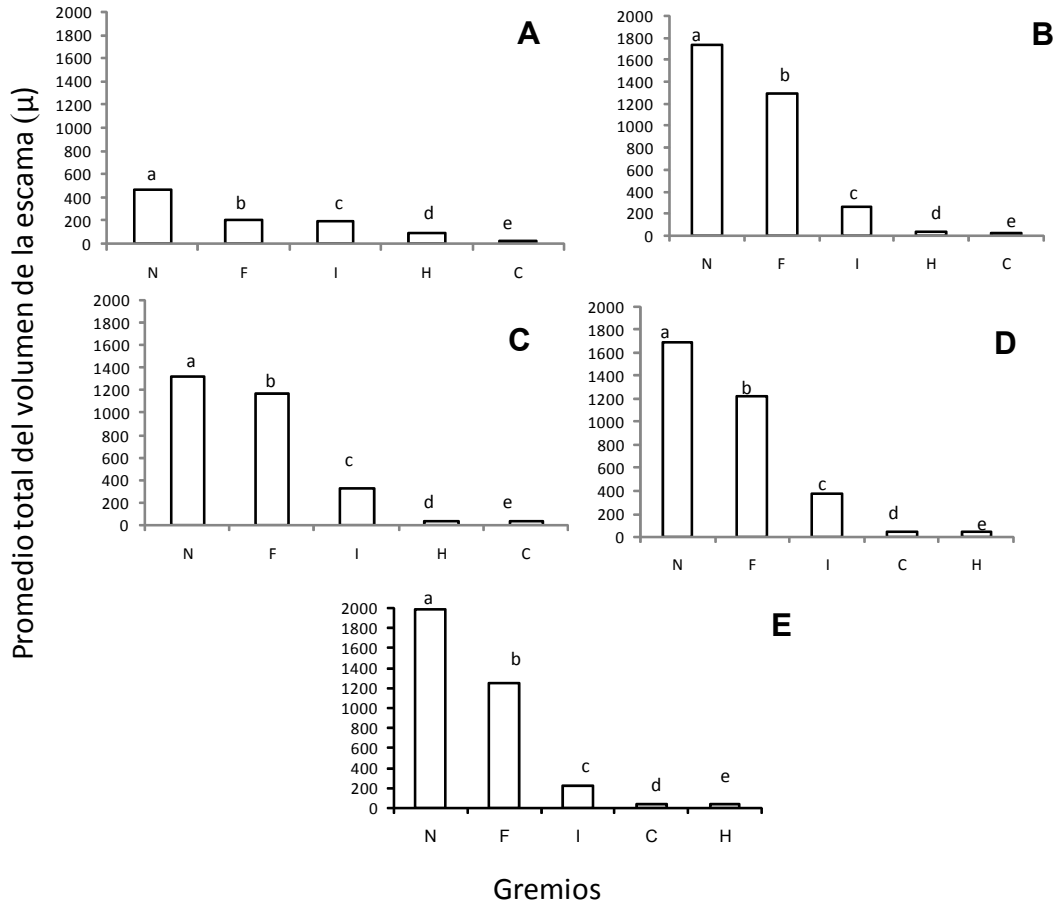




**Figura 9.** Volumen del promedio total de la escama en la sección de la punta para las cinco regiones del cuerpo de los murciélagos (cabeza (A), cuello (B), dorso (C), hombros (D) y pecho (E)) y entre las diferentes especies (N: nectarívoros: Cm: *Choeronycteris mexicana*, Ag: *Anoura geoffroyi*, Ly: *Leptonycteris yerbabuenae*, F: frugívoros: Cs: *Centurio senex*, Sl: *Sturnira lilium*, Eh: *Enchisthenes hartii*, I: insectívoros: La: *Lonchorhina aurita*, Le: *Lophostoma evotis*, Mm: *Micronycteris microtis*, Mb: *Mimon cozumelae*, H: hematófagos: Dy: *Diaemus youngi*, Dr: *Desmodus rotundus*, De: *Diphylla ecaudata*, C: carnívoros: Ca: *Chrotopterus auritus*, Vs: *Vampyrum spectrum*, Tc: *Trachops cirrhosus*). Las letras a, b, c, etc. indican las diferencias significativas entre las barras, cuando se repiten algunas de las letras indican que no hay diferencias significativas.

**Tabla 11.** Comparación del promedio total de las escama por gremios en la región de la cabeza, cuello, dorso, hombros y pecho.

<b>Región del cuerpo</b>	<b>Gremio</b>	<b>Promedio total de la escama</b>
<b>cabeza</b>	nectarívoros	466.40
	frugívoros	213.27
	insectívoros	194.95
	hematófagos	31.44
	carnívoros	29.03
<b>cuello</b>	nectarívoros	1738.47667
	frugívoros	1287.572
	insectívoros	260.637
	hematófagos	41.76533
	carnívoros	21.53
<b>dorso</b>	nectarívoros	1322.294
	frugívoros	1173.528
	insectívoros	325.8585
	hematófagos	40.53967
	carnívoros	32.12833
<b>hombros</b>	nectarívoros	1687.429
	frugívoros	1215.14667
	insectívoros	369.616
	hematófagos	36.07867
	carnívoros	36.88167
<b>pecho</b>	nectarívoros	1974.30967
	frugívoros	1250.39667
	insectívoros	290.74925
	hematófagos	37.91233
	carnívoros	32.12



**Figura 10.** Volumen del promedio total de la escama en las cinco regiones del cuerpo de los murciélagos (cabeza (A), cuello (B), dorso (C), hombros (D) y pecho (E)) y entre los diferentes gremios (N: nectarívoros, F: frugívoros, I: insectívoros, H: hematófagos y C: carnívoros). Las letras a, b, c, etc. indican las diferencias significativas entre las barras, cuando se repiten algunas de las letras indican que no hay diferencias significativas.

### *Experimento de túnel de viento*

#### **Comparar la cantidad de retención de polen de los diferentes gremios**

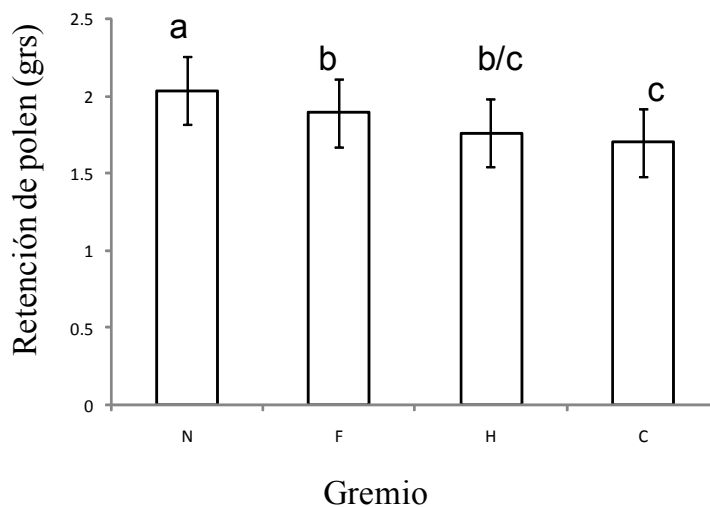
Se encontró diferencias significativas en la retención de polen en los diferentes gremios (Tabla 12). El gremio de los nectarívoros es el que presenta una mayor retención de polen en comparación con los otros gremios (Tabla 13 y Figura 11).

**Tabla 12.** Comparación de la retención del polen por gremios

Gremios	X <sup>2</sup>	p
nectarívoros	1021.1	0.0001
frugívoros	2595.9	0.0001
hematófagos	442.46	0.0001
carnívoros	0.00	0.0000

**Tabla 13.** Comparación entre gremios en relación a la retención del polen por gremios (N: nectarívoros, F: frugívoros, I: insectívoros, H: hematófagos y C: carnívoros).

Comparación entre gremios	X <sup>2</sup>	p
C-F	27.47	0.0001
C-H	0.50	0.4781
C-N	27.57	0.0001
F-H	2.19	0.1385
F-N	3.57	0.0587
H-N	6.84	0.0089



**Figura 11.** Retención de polen entre los diferentes gremios (N: nectarívoros, F: frugívoros, I: insectívoros, H: hematófagos y C: carnívoros). Las letras a, b, c, etc. indican las diferencias significativas entre las barras, cuando se repiten algunas de las letras indican que no hay diferencias significativas.

## Discusión

La amplia gama de arreglos cuticulares de las escamas que muestran los murciélagos de la familia Phyllostomidae nos hacen cuestionarnos acerca de ¿Cuál sería una posible función? Howell y Hodgkin (1976), sugiere que se debió a que las escamas de los nectarívoros tienen un mayor ángulo y, por lo tanto, éstas sirven para el transporte de polen. Sin embargo, estos autores no presentaron medidas cuantitativas para ninguno de los parámetros de la escama. No obstante, Thomas *et al.* (1984) realizaron otro estudio con la finalidad de realizar una prueba cuantitativa de la hipótesis de Howell y Hodgkin (1976). Ellos encontraron que las escamas divergentes y divaricadas ocurren independientemente y que se encuentran en varias familias de quirópteros que no explotan flores. El estudio de Thomas *et al.* (1984) también muestra que no existe una correlación entre el incremento de escamas divaricadas y divergentes del pelo con el incremento de la adaptación del uso de flores, refutando lo afirmado por Howell y Hodgkin (1976).

La investigación de este trabajo conjunta lo observado Howell y Hodgkin (1976) y lo analizado por Thomas *et al.* (1984) agregando un experimento en un túnel de viento, para contestarnos si los murciélagos de hábitos nectarívoros presentan un ángulo y volumen mayor que lo que presentan los demás gremios y estos arreglos cuticulares llamadas escamas, servirían al transporte de polen. Al tenerse evidencia de estos dos trabajos, se realizaron colectas de murciélagos de la familia Phyllostomidae debido a su amplia gama de hábitos alimentarios, agrupándolos en gremios, con el fin de contestar cuatro preguntas.

**¿Existen diferencias en el ángulo y volumen de las escamas en las tres secciones del pelo (punta, media y raíz)?**

Se observó que las escamas de la sección de la punta son las que presenta un menor volumen y ángulo a comparación de las escamas de las secciones de la media y raíz en donde aumenta el volumen y ángulo. Este mismo patrón se observó en las cinco regiones del cuerpo, esto se debe a que la forma de las escamas del pelo varía con el diámetro a lo largo del eje del pelo. Esto se corrobora con Hausman (1930), el cual afirma que el incremento en el diámetro de las escamas a lo largo del eje del pelo cambia la forma de este. También Smith (1933), menciona que la forma de las escamas del pelo frecuentemente varían independientemente del diámetro del eje del pelo y que frecuentemente pueden estar asociados con la diferencias entre especies y que además las escamas de la región media del pelo son maduras y su forma es uniforme. La combinación del diámetro de la escama a lo largo del eje del pelo en conjunto con la variación en la forma de la escama en las diferentes especies nos ayudan para poder afirmar que los resultados obtenidos sobre el volumen y ángulo de las escamas muestran que, en los murciélagos con alimentación tipo nectarívora, presentan un mayor volumen y ángulo, por lo que podría tener implicaciones ecológicas con este hábito. Debido a que la punta es la sección donde se encontraron diferencias en volumen y ángulo en comparación de las otras dos secciones del pelo, se decidió utilizar únicamente esta región para seguir analizando los datos.

**¿Hay diferencias en el tamaño de la escama (volumen) en las cinco regiones del cuerpo del murciélago (cabeza, hombro, cuello, dorso y pecho)?**

Se encontró que la región de la cabeza y cuello son las que presentan diferencias en el volumen en comparación al dorso, hombros y pecho, lo que nos demuestra que estas dos

regiones son importantes para la colección del polen en el momento que los murciélagos se alimentan de néctar, debido que son las regiones que entran en contacto inmediatamente con la flor. Estos datos obtenidos concuerdan con lo encontrado por Howell y Hodgkin (1976), en donde ellos examinaron la región del cuello y argumentan que esta región no reposa direccionalmente como los pelos de los demás mamíferos, sino que se levantan como cerdas de un cepillo. Ellos observan que estas características estructurales de los pelos de los murciélagos nectarívoros podrían ayudar en la colección de polen. Los resultados que obtuvimos difieren de los Thomas *et al.* (1984) donde argumentan que no existen diferencias entre las regiones de la cabeza, cuello, hombros y pecho en cuanto al volumen. Cabe mencionar que no se puede discriminar a las demás regiones ya que presentan una capacidad de retención importante ya que los murciélagos llegan de diferente manera a la flor para alimentarse de ella. Por lo que el polen se deposita según sea la región del cuerpo que entra primero en contacto con la flor, un ejemplo claro de esto es el caso de murciélagos de la Familia Pteropodidae *Cynopterus sphinx* y *Pteropus giganteus*. En el caso de *C. sphinx* ellos aterrizan sobre las flores con las alas parcialmente extendidas, posteriormente introducen su hocico dentro de las flores, y comienzan a alimentarse. Usando la garra del primer dígito, los murciélagos se enganchan ellos mismos encima de los pétalos o los capullos de las inflorescencias. Dentro de estos aterrizajes, las partes de las regiones ventrales del cuerpo (cabeza, cuello, abdomen y pecho) y las membranas de las alas de los murciélagos tocan directamente las anteras de las flores. Para *P. giganteus* ellos empiezan con vuelos circulares y se posan en las ramas de las flores y de forma cuadrúpeda o bípeda se acercan a las flores o inflorescencias, posteriormente introducen su hocico dentro de las flores y comienzan a chupar el néctar. Estos murciélagos invierten la postura y usan el primer dígito para agarrar las flores o los capullos de las flores o

inflorescencias y facilitar el consumo de alimento. Las regiones como la barbilla, garganta, cuello y pecho de estos murciélagos son las que directamente tienen contacto con las anteras durante el consumo de néctar (Singaravelan y Marimuthu, 2004).

Sin embargo, Howell y Hodgkin (1976) argumentan que la divergencia individual de las escamas del eje del pelo de los murciélagos nectarívoros es a menudo más pequeña de las 90  $\mu$  del tamaño promedio de los granos de polen de las flores chiropterofílicas. No obstante, el relativo espesor del pelaje, y su posición derecha en la región del cuello y la proyección cuticular de las escamas del pelo trabajan juntas para recoger una substancial carga de polen desde las anteras que sobresalen en las flores adaptadas a los murciélagos (Howell y Hodgkin, 1976).

Estos resultados también se observaron por gremios y se obtiene que el gremio de los nectarívoros es el que presenta un mayor volumen en la región de la punta, mostrándonos una clara separación entre los diferentes gremios, lo que corrobora que presentar un volumen mayor ayuda a la recolección de polen en el momento de que los murciélagos nectarívoros se alimentan del polen y néctar de las flores.

**¿Los murciélagos nectarívoros poseen escamas con mayor divergencia (mayor volumen) que otros gremios?**

Los resultados obtenidos nos indican que en la región punta y comparándola contra las cinco regiones del cuerpo (cabeza, cuello, dorso, hombros y pecho) se corrobora que los nectarívoros son los que presentan el mayor volumen en las cinco regiones del cuerpo a diferencia de los demás gremios. También se realizó una comparación a nivel de especie y nuevamente encontramos que los murciélagos que se alimentan de néctar y polen son los que presentan un mayor volumen en comparación de los que tienen otro tipo de alimentación. Una evidencia que nos hace suponer que la estructura de la escama se



presenta en mayor proporción en los nectarívoros es debido a que transporta polen, lo que favorece al murciélago el presentar este tipo de escamas. Además, el polen representa una fuente importante de recursos que los murciélagos emplean como alimento. La morfología de los pelos de los murciélagos provee de una ventaja a las plantas, debido a que el polen es colectado por éstos y al ser el polen dispersado, provoca, que se realice la polinización. A pesar de que el polen que es transferido de planta en planta, mucho de este es consumido por ellos como una fuente de recursos (Howell y Hodgkin, 1976).

Además, a diferencia de otros gremios, los murciélagos que presentan un mayor volumen y ángulo son los nectarívoros. Suponiendo que esta característica morfológica de los nectarívoros ayuda a la recolección del polen en el momento en que estos se alimentan de néctar y polen de las plantas, entonces esto los coloca en una posición superior comparado con el resto de los gremios como: los frugívoros, los cuales también pueden llegar a alimentarse de néctar y polen. Debido a esto, los frugívoros se encuentran en una posición intermedia entre los nectarívoros e insectívoros, para esta función de acarreo de polen. Nuestros resultados concuerdan con los obtenidos por Howell y Hodgkin (1976) en donde argumentan que las escamas de los pelos de murciélagos polinizadores se extienden hacia el exterior en un ángulo en el eje principal del pelo. En contraste, de los pelos de la mayoría de los murciélagos que no están asociados con las plantas que son relativamente más lisos. Los murciélagos que se alimentan de flores presentan escamas de tipo divergente y divaricadas (diferentes aperturas de la escama hacia el exterior), el cual ayuda a la recolección de polen con ayuda del pelo. Howell y Hodgkin (1976), mencionan que los pelos de los frugívoros, los cuales también se alimentan de polen y néctar, pueden mostrar un tipo de escama divergente y divaricada que puede ser una adaptación para aumentar la carga de polen de las plantas quiropterófila. Los resultados que obtuve difieren de los

Thomas *et al.* (1984) donde indican que no existe una clara separación en los diferentes gremios tanto a lo largo del pelo como en las diferentes regiones del cuerpo. Los datos de Thomas *et al.* (1984) muestran que el volumen de las escamas en los nectarívoros es menor en comparación que en otros gremios.

Lo que a continuación enlistaremos son las diferencias y semejanzas encontradas entre el estudio de Thomas *et al.* (1984) y Baca (2008 en proceso):

- 1) Thomas *et al.* (1984) analizó especies que no están dentro de la misma familia Phyllostomidae. Mientras que yo sí realicé un análisis de murciélagos de la misma familia Phyllostomidae.
- 2) El estudio Baca (2008 en proceso) concuerda con tres especies de las que Thomas *et al.* (1984) analizó.
- 3) Por un lado, Thomas *et al.* (1984) estudió veinticinco especies con uno a dos individuos por especie. Por otra, Baca (2008 en proceso) estudió dieciséis especies con dos a diez individuos por especie.
- 4) Ambos trabajos, Thomas *et al.* (1984) y Baca (2008 en proceso), midieron el ángulo de la escama, sin embargo, Thomas *et al.* (1984) midió todo el pelo de raíz a punta obteniendo un solo dato. Mientras que Baca (2008 en proceso), realizó divisiones de tres secciones a lo largo del pelo, es decir, raíz, media y punta. De cada una de esas secciones del pelo obtuvo cinco datos dando como resultado final quince datos en relación al volumen de la escama de cada sección.
- 5) Thomas *et al.* (1984) no revisó los pelos de guardia dorsal mientras que el estudio reciente Baca (2008 en proceso), sí lo hizo.

- 6) Ambos estudios concuerdan en la revisión de cinco pelos por individuo de las diferentes regiones del cuerpo de un murciélago.

**¿Los nectarívoros tienen una capacidad mayor de retención de polen en su pelo?**

Los resultados indican que los nectarívoros tienen la mayor capacidad de retención de polen en comparación a los otros gremios de murciélagos. Sin embargo, por gremios y por especie todas ellas tienen la capacidad de retener una proporción de polen que se queda adherido en su pelaje. No obstante, los nectarívoros son los que presentan la mayor proporción de retención de polen en su pelaje, lo que indica que al presentar un mayor volumen y ángulo en la escama del pelo le ayuda a retener con mayor facilidad polen en el momento que estos se alimentan de flores. El resultado que las escamas tienen un ángulo y volumen intermedio en murciélagos que se alimentan de insectos y peces, se podría explicar que estas incrementan la eficiencia al vuelo por la influencia de las corrientes de aire alrededor del cuerpo. Además este tipo de pelo aseguran que los murciélagos tienen una excelente habilidad al vuelo y facilitan la capacidad de atrapar a sus presas (Meyer *et al.* 1995).

Sin embargo, al realizar comparaciones entre los diferentes gremios se observa que entre los hematófagos y los frugívoros no hay diferencias en la capacidad de retención, lo que nos indica que los dos gremios retienen la misma cantidad de polen. Slaughter (1970) propone un origen para la sanguivoría que esta proviene de un ancestro frugívoro, especializado en cortar la cáscara de las frutas con un diente incisivo grande para chupar la pulpa. Tal modelo podría explicar la relación tan cerrada entre los hematófagos y los frugívoros. Además, que Wetterer *et al.* (2000), indica que la condición nectarívora puede haber surgido de una insectivoría estricta.

Al tener una gama de escamas en el pelaje de los murciélagos empezando por escamas de tipo adpresa, divergente y divaricada ha hecho suponer y afirmar en ocasiones cual es su posible función, lo que ha provocado discrepancia entre los autores. Esta evidencia y lo obtenido en este trabajo sugieren que el tipo de escamas que se presenta pueden tener varias funciones. Esto de acuerdo con lo observado en el pelo de los mamíferos que sirve como aislante térmico, protección, para esconderse, disimular, transferencia de agua y para tener una reacción inmediata de su entorno. Puede además tener funciones como transporte de polen para la polinización, ya que existen datos de 26 individuos en donde fue examinado la cantidad de polen encontrado en su pelaje, nos indica que el 72% se encontró en la región del abdomen, 20% en la membranas de las alas, y el 8% sobre la cabeza, además que los machos acarrean más granos de polen en su abdomen que las hembras (Singaravelan y Marimuthu, 2004). Cuando los murciélagos se alimentan de néctar y posteriormente se acicalan su pelaje y sus alas en sus perchas, ellos probablemente consumen el polen, el cual puede ser una fuente importante de proteínas (Howell, 1974; Eguiarte *et al.* 1987; Herrera *et al.* 2001). La carga de polen en la región del abdomen en murciélagos de la familia Pteropodidae se puede deber a que estas áreas entran inicialmente en contacto directo con las anteras cuando los murciélagos están alimentándose de néctar. Porque los murciélagos Pteropodidos acarrean granos de polen de los árboles y ellos juegan un rol importante reduciendo la pérdida de la diversidad genética de las especies de árboles que ellos polinizan (Singaravelan y Marimuthu, 2004).

Es importante resaltar que tanto Howell y Hodgkin (1976) y Baca (2008 en proceso), confirmamos que, a pesar de que la apertura de las escamas del eje del pelo de los murciélagos nectarívoros es a menudo más pequeña de las 90  $\mu\text{m}$  del tamaño promedio de los granos de polen de las flores chiropterofílicas, éstas siguen siendo capaces de

transportar polen. Debido a que, en conjunto con el relativo espesor del pelaje, su posición derecha en la región del cuello y que las regiones cabeza, dorso, hombros, pecho y la proyección cuticular de las escamas del pelo trabajan juntas para recoger una substancial carga de polen desde las anteras que sobresalen en las flores adaptadas a los murciélagos.

La presencia de escamas con una apertura del ángulo, en el caso de murciélagos insectívoros, indica que la estructura de la escama en la sección de la punta podría servir para incrementar la eficiencia al vuelo. Ya que, como había mencionado antes, los murciélagos tienen una excelente habilidad de vuelo por la influencia de las corrientes de aire alrededor de su cuerpo. Esto les permite permanecer quietos y deslizarse en el aire. Además, de que todo esto les permite también atrapar a sus presas. Esto se puede afirmar ya que hay mecanismos similares en las escamas lobadas de las alas de los lepidópteros, en las estructuras de las plumas y arreglo de las alas de las aves (Meyer *et al.* 1995).

## Conclusiones y Estudios Futuros

La gama de arreglos cuticulares de las escamas de los murciélagos junto con sus hábitos alimentarios, nos hacen imaginarnos las posibles o probables funciones que podrían tener estas escamas. En este trabajo nos enfocamos a contestarnos la pregunta si la **variación del pelo en murciélagos se debía a ¿una consecuencia de los hábitos alimentarios?** Conforme a lo obtenido nosotros concluimos que:

Las escamas de los murciélagos es una característica distintiva que los hace diferenciarse de los demás mamíferos, debido a que estos arreglos cuticulares nos han evidenciado que existe la función del transporte de polen en murciélagos nectarívoros y que ésta tiene una doble función, 1) ayuda al transporte de los granos de polen ya que los murciélagos vuelan distancias largas y ellos juegan un rol importante reduciendo la pérdida de la diversidad genética de las especies que ellos polinizan (Singaravelan y Marimuthu, 2004); 2) Cuando los murciélagos se alimentan de néctar y posteriormente se acicalan su pelaje ellos probablemente consumen el polen, el cual es una fuente importante de proteínas (Howell, 1974; Eguiarte *et al.* 1987; Herrera *et al.* 2001).

Existe la controversia al observar las escamas de los murciélagos insectívoros, las cuales presentan también una apertura en la escama. Es decir, la presencia de un ángulo que podría también ayudar al acarreo de polen. Sin embargo, existe la evidencia de que la apertura de las escamas permite a los murciélagos tener una excelente habilidad al vuelo por la influencia de las corrientes de aire alrededor de su cuerpo, permanecer quietos y deslizarse en el aire. Además, de tener una eficiencia al atrapar a sus presas (Meyer *et al.* 1995).

Es importante entender que el pelaje trabaja en conjunto con el murciélago, ya que los arreglos cuticulares se deben ver como un sistema que ayuda, beneficia y es eficiente ya

que el espesor del pelaje, las diferentes regiones del pelo, la posición de los pelos en cada región del cuerpo y la proyección cuticular de las escamas del pelo trabajan juntas para recoger una substancial carga de polen y que esto provee de una ventaja a las plantas, debido a que el polen es colectado por éstos y al ser el polen dispersado, provoca, que se realice la polinización. A pesar del que el polen que es transferido de planta en planta, mucho de este es consumido por ellos como una fuente de recursos.

Los estudios a futuro que propongo sobre el trabajo de escamas, es cuestionarnos a qué se deben las variaciones que se presentan todos los mamíferos, esto debido a que este trabajo solo contesto que las escamas de los murciélagos nectarívoros sirven al transporte de polen y como consecuencia el polen que queda adherido en su pelaje es consumido por ellos, lo cual representa una fuente importante de proteínas. Sin embargo, quedan incógnitas por resolver como:

- 1) A que se debe la presencia de escamas coronales e imbricadas en los mamíferos.
- 2) Porque los mamíferos voladores presentan escamas de tipo coronal y los mamíferos no voladores presentan escamas de tipo imbricada.
- 3) A que se deberá las subdivisiones que existen en los dos tipos de escamas.
- 4) Esta diversidad de arreglos cuticulares a que se debe hay un ancestro común que presentó que tipo de escamas y cuando empezó la aparición de los diferentes tipos de escamas.

Hay un aspecto importante que podría mejorar en la cuestión del túnel del viento es aumentar el número de individuos y especies de murciélagos, polen de cactáceas y de otras plantas de las cuales se alimenten los murciélagos. Además, de diseñar una forma adecuada de capturar el polen que se desprende de su pelaje.

### Literatura Citada.

- Alonso-Mejía, A. y R.A. Medellín. 1991. *Micronycteris megalotis*. *Mammalian species* **376**: 1-6.
- Anderson, M. J. 2001. The use hair morphology in the classification of Galagos (Primates, Subfamily Galagoninae). *Primates* **42**(2):113-121.
- Arita, H. 1985. Identificación de los pelos de guardia dorsales de los mamíferos silvestres del Valle de México. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 128 pp.
- Arita, H. 1991. Spatial Segregation in Long-Nosed Bats, *Leptonycteris nivalis* and *Leptonycteris curasoae* in México. *Journal of Mammalogy* **72** (4): 706-714.
- Arita, H. y M. Aranda. 1987. Técnicas para el estudio y clasificación de los pelos. *Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos*, Xalapa, Veracruz, México. 21 pp.
- Arizmendi, M.C., A. Valiente-Banuet., A. Rojas-Martínez y P. Dávila-Aranda. Columnar Cacti and the diets of nectar-feedings bats. En: Fleming, T.H y A. Valiente-Banuet. 2002. Columnar Cacti and their mutualist: evolution, ecology and conservation. Tucson: University of Arizona, 371 pp.
- Arroyo-Cabrales, J., R.R. Hollander y J. K. Jones, Jr. 1987. *Choeronycteris mexicana*. *Mammalian species* **291**: 1-5.
- Arroyo-Cabrales, J y R. D. Owen. 1997. *Enchisthenes hartii*. *Mammalian species* **546**: 1-4.
- Baca- Ibarra, I.I. y V. Sánchez-Cordero. 2004. Catálogo de pelos de guardia dorsal en mamíferos del estado de Oaxaca, México. *Anales del Instituto de Biología, Serie Zoología* **75**(2):383-473.
- Benedict, F.A. 1957. Hair structure as generic character in bats. University of California *Publications in Zoology* **59**:285-274



- Benson, S. B. 1933. Concealing coloration among some desert rodents of the southwestern united status. *University of California Publications in Zoology* **40**:1-70.
- Bowyer, R.T. y K.D. Curry. 1983. Use of a roller press to obtain cuticular impressions of guard hairs on acetate strips. *Journal of Mammalogy* **64**:531-532.
- Brunner, H. y B.J. Coman. 1974. The identification of mammalian hair. Melbourne; Inkata Press. 100p.
- Bubenik, G.A. 1996. Morphological investigations of the winter coat in white-tailed deer: differences in skin, glands and hair structure of various body regions. *Acta Theriologica* **41**(1):73-82.
- Chakraborty, R., J.K. De y S. Chakraborty. 1996. Identification of dorsal guard hairs of Indian species of the genus *Phantera* Oken (Carnívora: Felidae). *Mammalia* **60** (3):473-480.
- Chehébar, C y S. Martín. 1989. Guía para el reconocimiento microscópico de los pelos de los mamíferos de la Patagonia. *Doñana Acta Vertebrata* **16**(2):247-291.
- Cole, H. I. 1924. Taxonomic value of hair in Chiroptera. *Phillipine Journal Science* **24**(1):117-121.
- Coman, B.J. y H. Brunner. 1972. Food habits of the feral house cat in victoria. *Journal of Wildlife Managment* **36**(3):848-853.
- Cramer, M.J., M.R. Willig y C. Jones. 2001. *Trachops cirrhosus*. *Mammalian species* **656**: 1-6.
- Day, M.G. 1966. Identification of hair and fether remanins in the gut and faeces of stoats and weasels. *Journal of Zoology* **148**:201-217
- Dearborn, N. 1939. Sections aid in identifying hair. *Journal of Mammalogy* **20**:346-348.
- De Villa, A. 1998. Análisis de los hábitos alimentarios del Ocelote (*Leopardus pardalis*) en la selva baja caducifolia de la región de Chamela, Jalisco, México. Tesis de Licenciatura, UNAM, Los Reyes Iztacala, Estado de México, 60 pp.

- Eguiarte, L. E., C. Martínez del Río y H. T. Arita. 1987. El néctar y polen como recurso: el papel ecológico de los visitantes a *Pseudobombax ellipticum*. *Biotropica* **19**:74-82.
- Faliu, L y L.J. Barrat. 1980. Identification des poils des mammifères pyrénéens. *Donaña, Acta Vertebrata* **1**(2):125-212.
- Feldhamer, G.A., L.C. Drickamer., S.H. Vessey y J. F. Merritt. 1999. Mammalogy. WCB, McGraw-Hill, USA, 563 pp.
- Fernández, G.J y S.M. Rossi. 1998. Patrones de tipo medular y escama cuticular de los roedores y pequeños marsupiales del arbustal del Monte (San Luis, Argentina). *Mastozoología Neotropical* **5**(2):109-116.
- Gamberg, M y J.L Atkinson. 1988. Prey Hair and Bone Recovery in Ermine Scats. *Journal of Wildlife Management* **52**(4):657-660.
- Gannon, M. R., M. R. Wilig y J. K Jones, Jr. 1989. *Sturnira lilium*. *Mammalian species* **333**: 1-5.
- Gardner, A.L. 1977. Feeding Habits. In Biology of Bats of the New World Family Phyllostomidae, Part II, eds. R. J. Baker, J.K. Jones, and D.C. Carter, *Special Publications, The Museum, Texas Tech University* **13**:293-350.
- Garrott, R. A. 1983. Summer Food Habits of Juvenile Arctic Foxes in Northern Alaska. *Journal of Wildlife Management* **47**(2):540-545.
- Giannini, P. R y E. K.V. Kalko. 2004. Trophic structure in a large assemblage of phyllostomid bats in Panama. *Oikos* **105**: 209-220.
- Greenhall, A.M., G. Joermann y U. Schmidt. 1983. *Desmodus rotundus*. *Mammalian species* **202**: 1-6.
- Greenhall, A. M., U. Schmidt y G. Joermann. 1984. *Diphylla ecaudata*. *Mammalian species* **227**:1-3.
- Greenhall, A. M y Schutt, W. A. 1996. *Diaemus youngi*. *Mammalian species* **533**:1-7.
- Hausman, L.A. 1920. Structural characteristics of the hair of mammals. *American Naturalist* **54**: 496-523.

- Hausman, L.A. 1930. Recent studies of hair structure relationships. *Science Monthly* **30**:258-277.
- Hausman, L.A. 1944. Applied Microscopy of Hair. *Science Monthly* **59**:195-202.
- Herrera, G. L., K.A. Hobson., L. Mirón., N. Ramírez., G. Méndez., y V. Sánchez-Cordero. 2001. Source of protein two species of phytophagous bats in a seasonal dry forest: evidence from stable-isotope analysis. *Journal of Mammalogy* **82**:352-361.
- Hess, W.M., J.T. Flinders., C.L. Pritchett y J.V. Allen. 1985. Characterization of hair morphology in families Tayassuidae y Suidae with scanning electron microscopy. *Journal of Mammalogy* **66**(1):75-84.
- Hill, J. E. y D. J. Smith. 1984. Bats a Natural History. University of Texas Press. Austin. 243 pp.
- Homan, J. A y H.H. Genoways. 1978. An analysis of hair structure and its phylogenetic implications among heteromyid rodents. *Journal of Mammalogy* **59**:740-760.
- Howell, D.J. 1974. Bats and pollen: physiological aspects of the syndrome of chiropterophily. *Comparative Biochemistry and Physiology* **48**:263-276.
- Howell, D.J y N. Hodgkin. 1976. Feeding adaptations in the hairs and tongues of nectar-feeding bats. *Journal of Morphology* **148**:329-336.
- Kowalski, K. 1981. Mamíferos: Manual de teriología. Blume. Madrid. 532p.
- Lassieur, S y D.E. Wilson. 1989. *Lonchorhina aurita*. *Mammalian species* **347**:1-4.
- Latham, R.M. 1953. Simple Method for identification of Least Weasel. *Journal of Mammalogy* **34**(3):385.
- Martin, E.R., R.H. Pine y A.F. Deblase. 2001. A Manual of Mammalogy: with keys to families of the World. Mc Graw Hill, United States of America. 333 pp.
- Mathiak, H. 1938. A rapid method of cross-sectioning mammalian hair. *Journal of Wildlife Management* **2**(3):162-164.
- Mayer, W. 1952. The hair of California mammals with keys to the dorsal guard hairs of California mammals. *The American Midland Naturalist* **48**(2): 480-511.

- Medellín, R. A. 1989. *Chrotopterus auritus*. *Mammalian species* **343**: 1-5.
- Medellín, R. A y H. T. Arita. 1989. *Tonatia evotis*. *Mammalian species* **334**:1-5.
- Meyer, W., H. Seger y G.Hülmann. 1995. Remarks on Specific Adaptative Scale Structure of the Hair Cuticle in Some European Bats. *European Journal of Morphology* **33**(5): 509-513.
- Meyer, W., A.Schnapper y G. Hülmann. 2002. The hair cuticle of mammals and its relationship to functions of the hair coat. *Journal Zoology London* **256**: 489-494.
- Miles, W.B. 1965. Studies of the cuticular structure of the hairs of Kansas bats. *Search* **5**:48-50.
- Monroy Vilchis., O y R. Rubio Rodríguez. 1999. Identificación de mamíferos de la Sierra de Nanchititla a través de pelo. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México. 1-42pp.
- Moore, T.M., L.E.Spence, C.E.Dugnonle y W.G. Hepworth. 1974. Identification of the dorsal hairs of some mammals of Wyoming. Wyoming Game and Fish Dept. Chayenne, Wyoming. 175+10pp.
- Moore, D.W., J. and K. Braun. 1983. Key to hairs of the familias Sorecidae, Vespertilionidae and Muridae within Tennessee. *Journal of the Tennessee Academy of Science* **58**(3):40-43.
- Myers, P. 1997. Hair a uniquely mammalian characteristic. The University of Michigan (<http://animaldiversity.unmz.umich.edu/anat/hair.html>).
- Nason, E.D. 1948. Morphology of hairs of Eastern North America Bats. *American Midland Naturalist* **39**:345-361.
- Navarro, D y D.E. Wilson. 1982. *Vampyrum spectrum*. *Mammalian species* **184**:1-4.
- Ortega, J y H.T. Arita. 1997. *Mimon bennettii*. *Mammalian species* **549**:1-4.
- Piantanida, M.J. y A.M. Petriella. 1976. Estudio morfológico de los pelos de algunas especies de roedores de la provincia de Buenos Aires con el microscopio electrónico de barrido. *Physis* **35**(90):105-124.

- Pocock, R. I. 1914. On the facial vibrissae of Mammalia. *Proceedings Zoological Society of London* 889-912.
- Quadros, J. y E.L.A. Monteiro-Filho. 1998. Effects of digestion, putrefaction, and taxidermy processes on *Didelphis albiventris* hair morphology. *Journal Zoology London* **244**:331-334.
- SAS. 2001. SAS. User's Guide: Statistics; SAS Inst. Inc., Cary, NC. USA, 210 pp.
- Short, H.H. 1978. Analysis of cuticular scales on hairs using the scanning electron microscope. *Journal of Mammalogy* **59**:261-268.
- Smith, H. H. 1933. The relationships of the medullae and cuticular scales of the hair shafts of the Soricidae. *Journal of morphology* **55**(1):137-149.
- Simmons, N. B y A.L. Wetterer. Phylogeny and Convergence in Cactophilic Bats. En: Fleming, T.H., y A. Valiente-Banuet. 2002. Columnar Cacti and their mutualist: evolution, ecology and conservation. Tucson: University of Arizona, 371 pp.
- Singaravelan, N y G. Marimuthu. 2004. Nectar Feeding and pollen carrying from *Ceiba pentandra* by Pteropodid bats. *Journal of Mammalogy* **85**(1):1-7.
- Slaughter, B.H. 1970. Evolutionary trends of chiroptera dentations. En: B.H. Slaughter and W. D. Walton (eds.), *About bats*: 51-83. Dallas: Southern Methodist University Press.
- Snow, J. L., J. Knox Jones. Jr y W. D. Webster. 1980. *Centurio senex*. *Mammalian species* **138**:1-3.
- Stains, H.J. 1978. Keys to the guard hairs of Middle Western Furbearers. *Journal of Wildlife Management* **22**:95-97.
- Stoner, K. E. 2002. Murciélagos nectarívoros y frugívoros del bosque caducifolio de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, pp. 379-395. En: *Historia Natural del bosque caducifolia de Chamela*. F. A. Noguera, M. Quesada, J. Vega, A. Garcia-Aldrete, eds. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.

- Teerink, B. J. 1991. Hair of West-European mammals. Cambridge. Cambridge University Press.
- Tellez, G y J. Ortega. 1999. *Musonycteris harrisoni*. *Mammalian species* **622**: 1-3.
- Thomas, D.W., B. Crawford., S. Eastman., R. Gloefscheskie y M. Heir. 1984. A reappraisal of the feeding adaptations in the hairs of nectar-feeding bats. *Journal of Mammalogy* **65**(3):481-484.
- Tumilson, R .1938. An annotated key to the dorsal guard hairs of Arkansas game mammals and furbearers. *The Southwestern Naturalist* **28**(3):315-323.
- Vaughan, T; J.M. Ryan y N.J. Czaplewski. 2000. Mammalogy. Saunders College Publishing. U.S.A. 556pp.
- Vázquez, D.E; P.G. Perovic y A.A. de Olsen. 2000. Patrones cuticulares y medulares de pelos de mamíferos del Noreste Argentino (Carnívora y Artiodactyla). *Mastozoología Neotropical* **7**(2): 131-147.
- Walis, R.L. 1992. A key for the identification of guard hairs of some Ontario mammals. *Canadian Journal Zoology* **71**:587-591.
- Williams, C.S. 1934. A simple method for sectioning mammalian hairs for identification purposes. *Journal of Mammalogy*, **15**:251-252.
- Williams, C.S. 1938. Aids to the identification of mole and shrew hairs with general comments on hair structure and hair determination. *Journal of Wildlife Management* **2**(4):239-249.
- Williamson, V.H.H. 1951. Determination of hairs by impressions. *Journal of Mammalogy* **32**(1):80-84.
- Wetterer, A.L., M.V. Rockman y N.B. Simmons. 2000. Phylogeny of phyllostomid bats (Mammalia: Chiroptera): data from diverse morphological systems, sex chromosomes, and restriction sites. *Bulletin of the American Museum of Natural History* **248**(1):1-200.