

APRENDIZAJE Y DIFERENCIACION DE FORMAS Y TEXTURAS DE OBJETOS POR PARTE DE MURCIELAGOS NECTARIVOROS (PHYLLOSTOMIDAE: ANOURA)

Learning and Differentiation Shapes and Textures of Objects by Nectar Bat Party (Phyllostomidae: Anoura)

Guillermo Gilbert Jaramillo¹, Roger Macías²

Recibido el 15 de julio de 2010; recibido en forma revisada 11 de octubre 2010, aceptado 29 de noviembre 2010

Resumen

Durante los meses de Julio y Diciembre del 2010 se capturaron siete microquirópteros nectarívoros a ambos lados de la cordillera de los Andes en bosques nublados del Ecuador, cuatro *Anoura caudifer* y tres *Anoura geoffroyi*, los cuales fueron sometidos a tres pruebas distintas, primero para comprobar el aprendizaje de formas geométricas, donde ninguna de las especies demostró estadísticamente un aprendizaje significativo, otra prueba fue una variación de 'Delayed non matching for sample', para observar la curiosidad ante formas nuevas, donde se comprobó que acuden de manera casi igual a la forma antes vista como a las nuevas y también se analizó la preferencia entre texturas o formas de los objetos en la búsqueda del alimento, donde se observó que se guían usando ambas señales.

Palabras Clave: Aprendizaje asociativo, ley del efecto, búsqueda de objetos, concepto de formas, curiosidad.

Abstract

During the months of July and December of 2010 nectar feeding bats were captured on both sides of the Andes in Ecuador's cloud forest, four *Anoura caudifer* and three *Anoura geoffroyi*, were tested, first to check the Learning of geometric shapes, where none of the species showed statistically significant learning, another test was a variation of 'Delayed non matching for sample' to see the curiosity about new forms, which found that nearly the same way come to previously known form as the new ones and also analyzed the preference between textures or shapes of objects in search of food, where it was found that they use both signals.

Key words: Associative learning, law of effect, searching for objects, concepts of shapes, curiosity.

¹ Egresado de la Carrera de Biología, Tesis de grado – Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales – sede Mapasingue.

² Diplomado en Docencia Superior, Naturalista, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales – sede Mapasingue. Director del Museo, Profesor de Taxidermia.

1. Introducción

La vida social de los murciélagos es ciertamente compleja, estos exhiben diversas actividades; se ha registrado que algunas especies de la familia phyllostomidae, como *Sturnira lilium* y *Carollia persipillata*, son gregarios, y viven en grupos de más de 10 individuos, dentro de grandes cavidades en árboles (Ortiz D. et al. 2006) [1]. *Artibeus obscurus* habita tanto en construcciones humanas como en cuevas, junto a otras especies de murciélagos, revelan diferencias de horarios de actividad, siendo atribuido esto al sexo, el clima (estación lluviosa o seca), competencia de espacio, necesidades energéticas, incluso a mecanismo de protección de crías, ya que no permanecen solas en la cueva (Sampedro M., 2009) [2]. Han sido descritas 2 estrategias de atención hacia las crías durante la actividad nocturna, aquellos murciélagos que no pueden cargarlas durante el vuelo las dejan agrupadas dentro de las cuevas para que no pierdan el calor corporal y cuidadas por ‘niñeras’ y las que si pueden llevarlas durante el forrajeo las cuidan ellas mismas. (Hill J. & J. Smith 1984) [3].

Estos y diversos otros estudios nos revelan una gran complejidad social en murciélagos, los cuales nos hace suponer que el desarrollo cerebral y por ende cognitivo de éstos puede ser alto.

Antecedentes

Los vertebrados nectarívoros del nuevo mundo pertenecen principalmente a las familias Phyllostomidae (murciélagos) 34 especies en total, y Trochilidae (colibríes) casi 330 especies, siendo la diversidad y riqueza regional de ambos grupos más alta en el noreste de Suramérica y sur de Centroamérica. La diversidad de murciélagos nectarívoros va de 1-6 por sitio, mientras que la de colibríes de 3-28 por sitio. Siendo el factor principal de esto la riqueza de flores (Fleming T. et al. 2005) [4].

Estudios realizados en nuestro país, identifican diversas especies de plantas polinizadas por murciélagos, y demuestran la importancia del

mutualismo entre ambos (Planta/murciélago). Muchhala & Jarrin, 2002 [5], reportan 4 especies de *Burmaistera* (campanulácea), *B. truncata*, *B. sodiroana*, *B. succulenta*, *Burmaistera* sp.; *Pitcairnia brongniartiana* (Bromeliaceae); *Markea* sp. (Solanaceae); *Meriania pichichensis* (Melastomataceae); *Marcgravia coriaceae* (Marcgraviaceae).

V. Helversen et al. 2002 [6], sugirió que los murciélagos son capaces de reconocer las flores como tales, y probablemente otros objetos también, no solo por una condición espectral característica del eco, sino también mediante la comparación secuencial que se hace del eco, tomando en cuenta la posición exacta en relación con el objeto.

Se han desarrollado diversos tipos de pruebas para el análisis de las habilidades cognitivas. Uno de los más usados es el ‘delayed non- matching to simple (DNMS)’ prueba utilizada ampliamente en ratones según describe el trabajo de Dudchenko (2004) el cual explica que requiere que el organismo recuerde un estímulo, luego de un tiempo en el cual el estímulo ya no está presente, le será presentado ese mismo estímulo que había sido suprimido, y otro alternativo. Gran cantidad de autores como Aggleton (1985) Ennaceur and Delacour (1988), Dix and Aggleton (1999), Rothblat and Hayes (1987), Mumby (2001), etc. han realizado sus propias variables de esta prueba para sus experimentos (Dudchenko P., 2004) [7].

Hipótesis:

H0 (1): Los murciélagos nectarívoros de la familia Phyllostomidae tienen la capacidad de aprender formas de objetos.

H0 (2): Los organismos en estudio pueden diferenciar y recordar formas de objetos previamente aprendidas y discriminarlas de otras formas nuevas.

H0 (3): Los murciélagos nectarívoros (Phyllostomidae) se guían más por la forma del objeto y no por la textura de éste, para localizarlos.

Objetivos

Objetivo General:

1. Comprobar la capacidad de aprendizaje y diferenciación de formas y texturas de objetos en los murciélagos nectarívoros de la familia *Phyllostomidae*.

Objetivos Específicos:

1. Analizar la reacción del murciélago ante la variación de la prueba de DNMS planteada en este proyecto.
2. Comprobar la preferencia entre la forma y la textura para encontrar los objetos aprendidos.

2. Materiales y Métodos

Área de Estudio

Se realizaron muestreos en cuatro lugares a lo largo de la cordillera de los Andes en Ecuador, tres en la zona Oriental y una en la zona Occidental (imagen en anexos), los lugares de muestreo fueron, el Bosque Protector Río Guajalito (BPRG), Yanayacu biological station & center for creative studies, Domono y Tapichalaca.

Zona Occidental:

“Los bosques de la zona Occidental de los Andes son considerados como uno de los lugares de mayor biodiversidad y endemismo en el Ecuador. Debido a las condiciones climatológicas y geográficas existe una alta densidad y diversidad de plantas y animales endémicos para esta área. (Robayo J. et al. 2004) [8]”.

Bosque Protector Río Guajalito (BPRG)

BPRG, se encuentra dentro de la provincia Santo Domingo de los Tsáchilas. De acuerdo al Instituto Geográfico Militar (IGM), esta zona se halla en un lugar denominado Hacienda Las Palmeras. Localizado en la antigua vía Quito – Santo Domingo de los Tsáchilas, kilómetro 59 entre las poblaciones de Chiriboga y Bellavista, en el

Occidente de Quito a las faldas del volcán Atacazo. El rango altitudinal fluctúa entre los 1800 y 2300 m.s.n.m. Pertenece a un ecosistema calificado como Bosque de Neblina Montano. El BPRG, comprende una extensión de 710 ha, las mismas que han sido destinadas a la conservación, investigación, turismo y desarrollo sustentable. La deforestación ocasionada por el impulso de colonización y la búsqueda de fuentes de trabajo durante los años 1940 y 1950 y posteriormente la Reforma Agraria de 1964, han ocasionado una gran presión sobre los recursos naturales de la zona. La pérdida de los bosques es muy notoria, lo cual va acompañado de una disminución de los recursos biológicos y genéticos, por lo que la protección de esta área se hace de importancia eminentes frente a la constante amenaza de desaparición y pérdida de hábitats en buen estado para la sobrevivencia tanto de especies vegetales como animales en estado silvestre. (Robayo J. et al. 2004) [8].

Zona Oriental:

Yanayacu biological station & center for creative studies, Cosanga-provincia de Napo

En las laderas del volcán Antisana, Yanayacu es parte de uno de los más grandes gradientes altitudinales intactos en los Andes orientales (250-5000m). La estación se encuentra a una altitud de 2100 m, pero no hay acceso por carretera a elevaciones de 300 a 4.300 m (aproximadamente 1,5 a 2 horas a cualquiera de los extremos). Yanayacu se encuentra en la provincia de Napo, a 5 km al oeste de la pequeña ciudad de Cosanga, y 20 km al sur de Baeza. Las coordenadas son: 00 36 S, 77 53 W.

La tierra alrededor de la estación se compone de un 80% de bosque primario, y se conecta directamente con otras reservas alrededor de los volcanes Antisana y Sumaco. La superficie restante está abandonada pastizales para el ganado, pero abundan las grandes extensiones de bosque continuo. Un sistema de senderos bien establecidos proporciona el acceso a la mayoría de las áreas de la reserva.

Domono

La cordillera de Domono alto está localizada en la alta Amazonía, estribaciones de la Cordillera Real u Oriental, en el centro oriente del territorio ecuatoriano y al extremo oriental del Parque Nacional Sangay, a 347 Km de Quito. Domono alto pertenece a la Parroquia San Isidro, Cantón Morona, Provincia de Morona Santiago. Se encuentra a 30 minutos en autobús (12 Km) de la cabecera cantonal Macas por la vía a San Isidro (Mapa 1). El Bosque se caracteriza por la irregularidad topográfica y un inestable nivel de pluviosidad. El relieve presenta pendientes poco profundas, quebradas abiertas y ramales montañosos. (Brito J., 2009) [9].

Tapichalaca

Esta reserva se estableció para proteger el tipo local y solo la conocida gama de la recién descubierta *Jocotoco Antpitta* (*Grallaria ridgelyi*). La reserva, la cual protege a una inusual área húmeda de bosque de zona templada en la ladera oriental de los Andes, está situada a lo largo del sendero a la Quebrada Honda por debajo de Cerro Tapichalaca. Además de la *Antpitta*, la reserva es también el hogar de otros grupos vulnerables de gama restringida de aves como *Bearded Guan*, *Golden-plumed Parakeet*, *Rufous-capped Thornbill*, y *Masked Saltator*. La reserva es también el hogar del *Spectacled Bear* y el *Woolly Mountain Tapir*.

La reserva, que incluye el Cerro Tapichalaca, abarca aproximadamente 2000 hectáreas y una elevación que va desde 2000m a 3400 m. Es adyacente a la zona sur del Parque Nacional Podocarpus, lo que aumenta su valor para la conservación.

Metodología

Se realizaron 4 salidas de campo, entre los meses de julio y diciembre del 2010, cada salida tuvo una duración de entre 12 a 15 días. Durante este tiempo se trabajó a diario de 6 pm hasta las 12 am. Se colocaron redes de niebla en el bosque, se identificaron las muestras colectadas utilizando la guía de campo “Mamíferos del Ecuador” (Tirira, 2007) [10] y se liberaron todos los organismos,

menos los murciélagos nectarívoros de la familia Phyllostomidae, género *Anoura*.

Estos especímenes atrapados se los colocaron en tiendas por 2 o 3 días (dependiendo del proceso de aprendizaje) y se realizaron los experimentos.

Se trabajó con cada murciélago por 2 – 3 días en las carpas previa su liberación, se los alimentó con azúcar disuelta en agua en un tubo de ensayo según los métodos y procedimientos empleados por Muchhala N. (2007) [11] para el correcto mantenimiento del organismo en estudio.

Se trabajó con un total de 7 murciélagos, a cada organismo se le realizó las siguientes pruebas:

Fase de aprendizaje

Durante la fase de aprendizaje al murciélago se le presentó 3 objetos de tamaños parecidos pero de forma totalmente diferente, cuadrado, triángulo y círculo, la forma triangular contenía el alimento (azúcar diluida en agua) y fue la forma que el murciélago debía aprender.

Las formas fueron elaboradas con foamy (fomix) liso y corrugado.

Para evitar que el murciélago haga uso de la memoria espacial al encontrar las formas; se cambiaron de posición las formas cada 30 minutos, manteniendo siempre como forma premiada a la triangular. Se realizó esta fase entre tres y cuatro horas seguidas en la misma noche, dependiendo de dos factores, de las condiciones climáticas y de la hora de inicio (relativa a la hora de captura). Posterior a esto se realizan los experimentos.

Durante cada experimento, se dejó descansar al murciélago por unos minutos, dejando alimento en tubos de ensayo con la forma premiada anteriormente, esto se realizó debido a que se ha observado la pérdida de interés del organismo al buscar en tubos vacíos, el momento en el cual se dio alimento al espécimen dependió de el grado de agotamiento de cada uno así como las condiciones climáticas.

Se dividieron los siete individuos colectados en dos grupos de cuatro murciélagos para el grupo 1 y tres para el grupo 2, al primer grupo se le enseñó la forma triangular confeccionada en foamy liso, y

para el grupo dos se le enseñó con foamy rugoso, esto para tener información tanto de aprendizaje de formas con textura lisa y de formas con textura rugosa, y poder demostrar si existe alguna facilidad o dificultad de aprendizaje e identificación dependiendo de la textura.

Experimentos

Experimento #1: Delayed non matching for sample (variación)

Usando el mismo principio de discriminación del DNMS, se comprobará tanto el grado de aprendizaje como la capacidad del murciélago de diferenciar otras formas.

Esta prueba consta de 3 fases, las cuales van a tener ciertas variaciones.

- 1.- Muestra.- En ésta se le muestra comúnmente 2 objetos iguales al espécimen, pero esta fase va a ser reemplazada por la fase de aprendizaje descrita para el día 1.
- 2.- Retraso.- Este es un tiempo que se espera, en este experimento se usó el tiempo que transcurre entre el día de enseñanza a el día de pruebas.
- 3.- Elección.- Se enfrentó la forma enseñada con formas totalmente nuevas para el murciélago (estrella y pentágono).

Se realizaron 40 pruebas por murciélago. Solo se tomó en cuenta la primera visita realizada por el murciélago y de inmediato se cambió aleatoriamente las formas y la posición dentro de la carpa.

Esta prueba se realizó para evaluar la capacidad cognitiva de los murciélagos para diferenciar formas, su curiosidad por formas nuevas y su capacidad de memoria.

Experimento #2: Comprobación del aprendizaje

Para comprobar el aprendizaje, se enfrentó dos de las formas utilizadas en la fase de aprendizaje, una fue el triángulo siendo este liso o rugoso (dependiendo a qué grupo pertenece el espécimen) y la otra se alternó aleatoriamente entre el círculo y el cuadrado usados anteriormente, estos

confeccionados también con la misma textura del triángulo (Figura 1). Se realizaron 40 enfrentamientos de formas. Para esta prueba se tomó en cuenta solo la primera visita que realizó el murciélago e inmediatamente se procedió a cambiar aleatoriamente las formas y la posición de éstas dentro de la carpa. Cada cierto tiempo, dependiendo la conducta observada por el animal, se le suministró alimento colocando el tubo de ensayo dentro de la carpa. Esta prueba evalúa la capacidad de aprendizaje del murciélago.

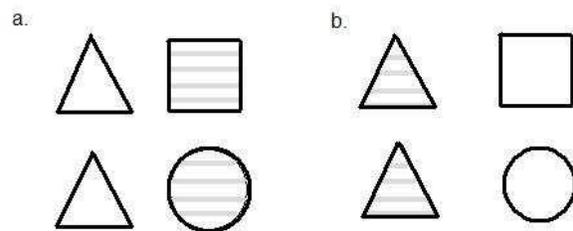


Figura 1. pares de formas enfrentadas en la prueba de aprendizaje por A. geoffroyi y A. caudifer.

Experimento #3: Enfrentamiento entre forma y textura

En este experimento se enfrentó el aprendizaje de formas con el de las texturas.

Para el grupo 1 (triángulo liso) se le enfrentó un triángulo hecho con textura rugosa, frente a un cuadrado o círculo de material liso. De igual manera para el grupo 2 (los organismos entrenados con triángulo rugoso) se enfrentó un triángulo hecho con una textura lisa, contra un cuadrado o círculo de material rugoso. La forma cuadrado y círculo en ambos grupos fue cambiada aleatoriamente, igual que las posiciones en la carpa. Se realizaron 40 enfrentamientos por organismo. De igual manera se tomó en cuenta sólo la primera visita realizada e inmediatamente se procedió a realizar otra, hasta completar las necesarias.

Este experimento puso a prueba el aprendizaje de la forma propiamente dicha y de la textura de la misma, demostrando si el murciélago en el proceso de búsqueda a pequeña escala se basa en la forma aprendida o es más fácil para él guiarse por la textura conocida al encontrarla en formas desconocidas.

3. Resultados

Prueba de aprendizaje

A los especímenes se le permitió acostumbrarse a la presencia de la persona que realizó la prueba; durante los días que se trabajó con los especímenes, e incluso durante las horas que se trabajaba con cada uno, los datos se acercaban ocasionalmente a lo esperado, pero fluctuaban de un momento a otro. En nuestros experimentos observamos que a veces, luego de mover las formas de lugar, el murciélago voló en líneas casi rectas hacia la forma previamente enseñada, y muy a menudo el espécimen voló entre ambas formas presentadas antes de intentar alimentarse de alguna de ellas. Los datos fueron analizados con el programa estadístico STATISTICA 7, hallando el valor p con ANOVA de una vía.

En general, para *A. caudifer*, con 160 visitas registradas de los 4 especímenes con los que se trabajó, el 54.3% de visitas fueron correctas ($p=0.214$) y para *A. geoffroyi*, con las 120 visitas registradas de los 3 especímenes utilizados, el 46.66% de visitas fueron correctas ($P=0.967$).

Como se observa en la figura 2, el experimento se dividió en 2 enfrentamientos de formas, con *A. caudifer*, para el enfrentamiento a. se observó un 62.5% ($P=0.602$) de respuestas correctas y para el enfrentamiento b. un 47.5% ($P=0.147$); en *A. geoffroyi*, el enfrentamiento a. mostró un 51.66% ($P=0.938$) y el enfrentamiento b. 41.66% ($P=0.936$) de respuestas correctas. (Tabla 1, figura 3).

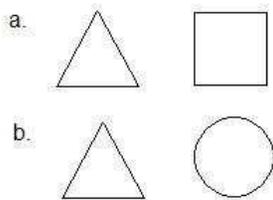


figura 2. pares de formas enfrentadas en la prueba de aprendizaje (sin considerar las texturas usadas) por *Anoura geoffroyi* y *Anoura caudifer*.

Tabla 1. Diferenciación de formas y Aprendizaje por *Anoura caudifer* y *Anoura geoffroyi*.

	Par enfrentado	Número de visitas	Porcentaje	Valor de P
<i>A. caudifer</i>	Triángulo -suma de ambos	160	54.3	0.214
	Triángulo - cuadrado	80	62.5	0.602
	Triángulo -Círculo	80	47.5	0.147
<i>A. geoffroyi</i>	Triángulo -suma de ambos	120	46.66	0.967
	Triángulo - cuadrado	60	51.66	0.938
	Triángulo - Círculo	60	41.66	0.936

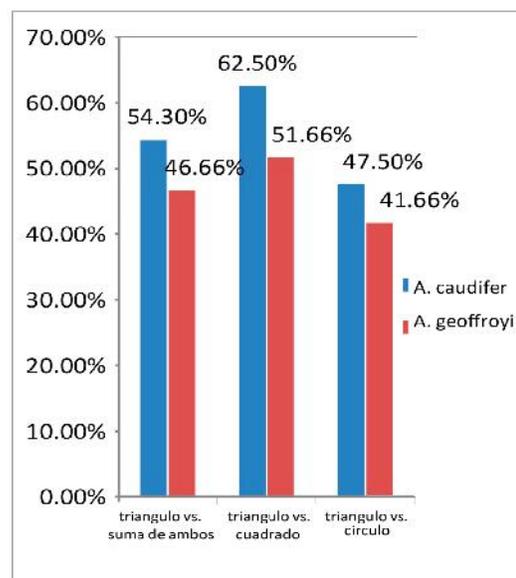


Figura 3. Porcentajes de visitas positivas por *A. caudifer* y *A. geoffroyi*.

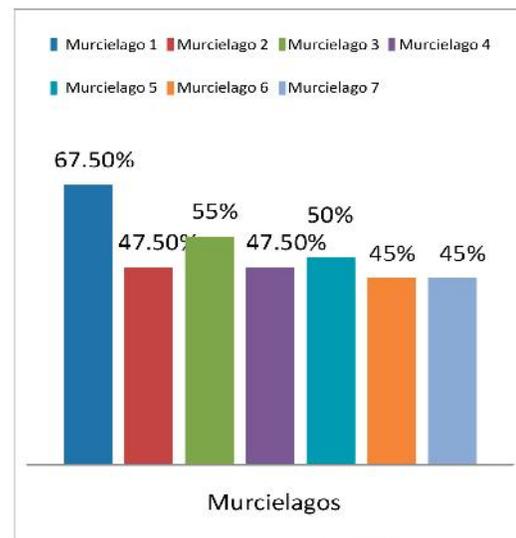


Figura 4. Porcentaje de visitas correctas por murciélago (*A. caudifer* y *A. geoffroyi*) en la prueba de aprendizaje.

Observaciones de conducta

Se pudo observar, que el comportamiento de cada organismo en las visitas fue variado, en los gráficos de las visitas (ver anexos) se observa como éstas, en general, son alternadas pero que en ciertos momentos los organismos acudieron varias veces seguidas a alimentarse de la forma premiada. Esta conducta de alimentarse consecutivamente del triángulo es más notoria en el murciélago #1 y #3, la cual se ve reflejada en la respuesta a la prueba, siendo el porcentaje de aprendizaje 67.5% y 55% respectivamente (Tabla 2, Figura 4).

Tabla 2. Porcentaje de visitas correctas por murciélago (*A. caudifer* y *A. geoffroyi*) en la prueba de aprendizaje.

Murciélago #	Especie	Porcentaje de visitas correctas (%)
1	<i>A. caudifer</i>	67.5
2	<i>A. geoffroyi</i>	47.5
3	<i>A. caudifer</i>	55
4	<i>A. geoffroyi</i>	47.5
5	<i>A. caudifer</i>	50
6	<i>A. geoffroyi</i>	45
7	<i>A. caudifer</i>	45

Variación de DNMS

La prueba para observar la curiosidad (variación del DNMS), donde se enfrentó el triángulo, como forma ya conocida, versus un pentágono y una estrella (figura 5), este experimento reflejó que para *A. caudifer* de 160 visitas registradas el 51.8% (P 0.881) (figura 6) fue a las formas nuevas presentadas, y para *A. geoffroyi* de 80 registros el 52.5% (P 0.074) (Figura 7) de visitas fue a las formas nuevas. Lo cual demuestra que los murciélagos del estudio no ignoran las formas nuevas, visitándolas con, aproximadamente, la misma regularidad que las conocidas.

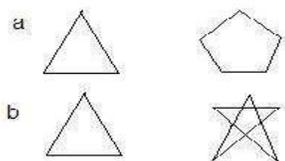


figura 5 pares de formas enfrentadas en la prueba de curiosidad (sin considerar texturas) por *Anoura geoffroyi* y *Anoura caudifer*

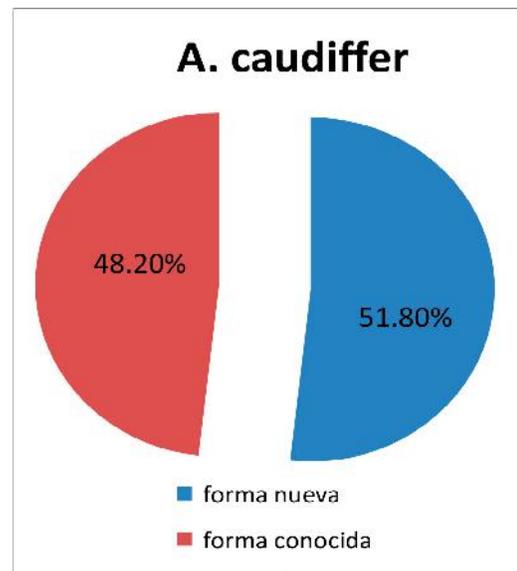


Figura 6. Porcentaje de visitas a formas nuevas y formas conocidas por *Anoura caudifer*.

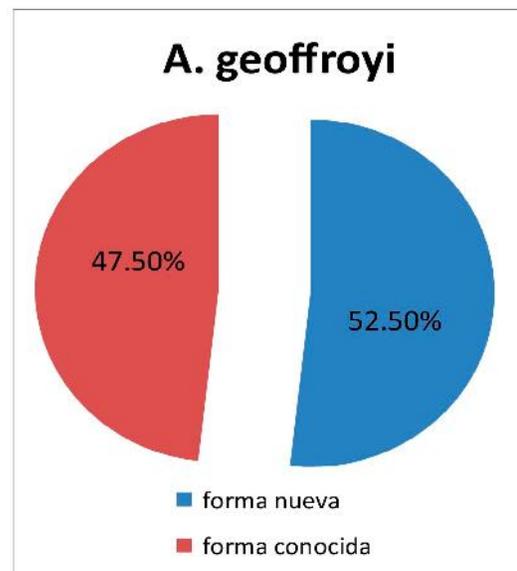


Figura 7. Porcentaje de visitas a formas nuevas y formas conocidas por *Anoura geoffroyi*.

Observaciones de conducta

Esta prueba fue realizada para observar la reacción del murciélago ante formas totalmente nuevas como en este caso fueron la estrella y el pentágono, y registrar con esto la curiosidad que poseen los murciélagos en estudio *A. caudifer* y *A. geoffroyi*.

En esta prueba al igual que en las otras se observó una conducta peculiar, en un momento

determinado el murciélago voló directamente del lugar donde se encontraba reposando hacia la forma conocida (relacionada con alimento) lo cual nos puede sugerir algunas cosas, que son analizadas posteriormente en la discusión.

También se observó un número significativo de visitas consecutivas a la forma relacionada con el alimento, en un momento determinado del experimento. Siendo estas visitas relativamente más prolongadas que las visitas a las formas nuevas. Aunque el tiempo no fue cuantificado, hago referencia a lo observado durante los experimentos.

Las conductas de los especímenes estuvieron en parte, influenciadas por el clima. Cuando llovía, la temperatura ambiental bajaba considerablemente y con esto, la actividad del murciélago, por lo que las visitas se desarrollaban con menos frecuencia, por lo cual el organismo debía ser estimulado para que las realice.

Se observó gran curiosidad en los organismos, algunos murciélagos volaban entre ambas formas, dando vueltas por toda la carpa antes de elegir de cual alimentarse o cual visitar. De igual manera se vió como algunos se posaban sobre las formas y daban vueltas alrededor de éstas o permanecían ahí por algún tiempo sin siquiera alimentarse de la parte por la cual fue enseñada, sino lamiendo el tubo o la forma (registro en video).

Textura versus Forma:

La tercera prueba, textura versus forma reveló para *A. caudifer* de un total de 160 visitas, el 50% a la textura y 50% a la forma (P 0.463) y para *A. geoffroyi* de un total de 120 visitas registradas, el 49.16% a la forma y 50.84 a la textura (p 0.072), donde se observa que los especímenes no siguieron marcadamente ninguna de las dos señales en la búsqueda del alimento. (Figura 8).

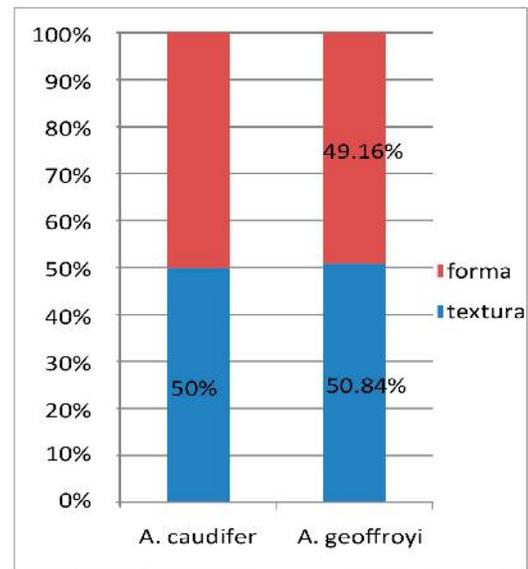


Figura 8. Porcentaje de visitas a formas nuevas y formas conocidas por *Anoura geoffroyi*.

Al igual que con el experimento de aprendizaje, este también se lo dividió en 2 enfrentamientos de formas, triángulo versus cuadrado (a), y cuadrado versus círculo (b), los cuales podían ser lisos o rugosos, dependiendo del grupo al cual pertenecían, como fue explicado en la metodología. Con *A. caudifer*, para el enfrentamiento a. se observó un

- 53.7 % de visitas a la forma (p: 0.820) y para el enfrentamiento b. un
- 46.3 % (p: 0.552); en *A. geoffroyi*, el enfrentamiento a. mostró un
- 58.3% (p: 0.020) y el enfrentamiento b.
- 40 % (p: 0.764) de respuestas correctas. (Tabla 3, figura 8).

Tabla 3. Diferenciación de formas y Aprendizaje por *Anoura caudifer* y *Anoura geoffroyi*.

	Par enfrentado	Número de visitas	Porcentaje	Valor de P
<i>A. caudifer</i>	Triángulo -suma de ambos	160	50	0.463
	Triángulo - cuadrado	80	53.7	0.820
	Triángulo -Círculo	80	46.3	0.552
<i>A. geoffroyi</i>	Triángulo -suma de ambos	120	49.16	0.072
	Triángulo - cuadrado	60	58.3	0.020
	Triángulo - Círculo	60	40	0.764

Observaciones de conducta:

Se pudo observar, que el comportamiento de cada organismo en las visitas en esta prueba también fue variado, en los gráficos de las visitas realizadas por *A. caudifer* y *A. geoffroyi* en la prueba de formas versus textura (ver anexos) se observa como éstas, en general, son alternadas, pero que en ciertos momentos algunos organismos acudieron varias veces seguidas a alimentarse de una forma o textura en particular. Esta conducta es notoria claramente en el murciélago 1 el cual visita en un momento determinado de manera consecutiva la forma triangular, tomando en cuenta que estas se movían alrededor de la carpa al término de cada visita.

De igual manera en el murciélago 5, se observa el mismo comportamiento que en el murciélago 1, con la diferencia que éste se dirigía a la textura en un momento determinado del experimento. En el murciélago 4 se observaron también un alto número de visitas consecutivas hacia la textura presentada anteriormente. Los murciélagos 3 y 7 presentaron esta conducta, pero alternada, por momentos visitaban consecutivamente la forma y en otros momentos la textura, lo cual nos puede sugerir que usan ambos factores en la búsqueda del alimento.

En los murciélagos 2, y 6 se observó grandes alternancias entre la forma premiada con la textura nueva y la forma no premiada con textura conocida, teniendo leves tendencias hacia uno u otro factor, pero ninguno representando alguna significancia estadística.

4. Discusión

Suthers, et. al, 1969, indicaron que *Anoura geoffroyi* puede no poseer el concepto de forma, sino mas bien percibir la posición relativa de líneas horizontales y con esto identificar los objetos; el único murciélago que ha mostrado respuestas inequívocas a las formas de objetos es *Carollia perspicillata*. Con los resultados

obtenidos, podemos demostrar estadísticamente que *A. geoffroyi* y *A. caudifer*, pueden no identificar las formas, corroborando los resultados de Suthers et al., pero con ésto no se anula la posibilidad de que los murciélagos puedan hacerlo, ya que los estudios sobre la discriminación de patrones han dado resultados muy variables y en general, parece que murciélagos nectarívoros y frugívoros responden a patrones y formas más fácilmente que los insectívoros (Eklöf J., 2003) [12].

También se dice que el comportamiento es predecible, una pequeña fracción de la ley general de la uniformidad natural dice: “que con la vida y la mente, como con la masa y el movimiento, la misma causa producirá el mismo efecto, que la misma situación causará en el mismo animal, la misma respuesta y si la misma situación produce, dos o más respuestas, el animal debe haber cambiado”. Esta ley en teoría es aceptada, pero en práctica no es totalmente usada, ya que diversos factores pueden afectar esta reacción, como es el hambre, la fatiga, el sueño, y ciertas enfermedades, y por otro lado el aprendizaje, la inmunidad, el crecimiento, la senilidad. (Thorndike E., 1911) [13], lo cual puede explicar en parte la observación de los vuelos casi horizontales hacia la forma previamente enseñada, en algún momento del experimento. Por lo cual, las visitas realizadas a comederos con la forma considerada como incorrecta puede deberse a cualquiera de estas opciones, o también a que la búsqueda de alimento no generaba un gasto energético significativo para el murciélago, por lo cual el uso de su curiosidad pudo influenciar en las respuestas obtenidas en los experimentos.

“El aprendizaje y la memoria espacial se relacionan con la capacidad de adquirir y retener asociaciones de las características del ambiente, lo que permite al organismo desenvolverse en el espacio.” (Vinces P. y M. Carrasco, 2003) [14], es reconocida la alta memoria espacial en murciélagos en la búsqueda de su alimento, y de igual manera se pudo ver uso de ésta en las pruebas, donde el murciélago regresaba al lugar donde previamente se había alimentado.

Como se observó en los resultados de la prueba de aprendizaje, las dos especies muestran el mismo patrón en cuanto a las respuestas, cuando se presentaba triángulo versus cuadrado, mostró un leve favoritismo hacia el triángulo, pero cuando se enfrenta al círculo, se observó lo contrario, una predisposición de los organismos por acudir al círculo, esto puede acreditarse a varios factores, el primero, la simetría del objeto circular. En insectos, aunque su sistema nervioso es simple, se demostró que la simetría es una señal específica con un valor percibido por los insectos polinizadores (Giurfa M. et al, 1999) [15] y que los insectos polinizadores visitan preferentemente flores con un particular tipo de simetría (Rodríguez I. 2004) [16], esto mismo puede suceder con otros polinizadores, como en este caso los murciélagos, aunque los parámetros utilizados en los experimentos no permiten comprobar esta hipótesis.

Otro factor puede ser un aprendizaje previo, Marquez M., 2009 [17] en su trabajo señaló que “Los polinizadores altamente especializados en su dieta, no hacen escogencias florales, sino que visitan un recurso específico siguiendo lo dictado en la información almacenada en sus genes”. Este aprendizaje previo se lo sugiere en este caso por la observación de murciélagos nectarívoros alimentándose durante la noche en los bebederos de colibríes, los cuales presentan discos circulares intentando simular formas de flores, (registro fotográfico tomado por Javier Robayo, Bosque Protector Rio Guajalito, ver anexos). Existen estudios y muchos debates sobre cómo la presencia de alimentadores puede afectar, o no, a la polinización de las plantas por colibríes, McCaffrey R. y S. Wethington 2008 [18], hablan sobre cómo la presencia de alimentadores incrementa localmente las poblaciones de colibríes pero disminuye el uso de plantas nativas, especificando que el uso de éstos puede tener implicaciones sobre las relaciones entre polinizadores y plantas, lo cual reduce el éxito reproductivo de éstas. Siendo así, se debería también estudiar este factor en murciélagos.

4. Conclusiones

1. Los murciélagos nectarívoros de la familia Phyllostomidae género Anoura (Anoura geoffroyi y Anoura caudifer) no demostraron estadísticamente un aprendizaje significativo, en el tiempo estudiado.
2. Anoura geoffroyi y Anoura caudifer no demostraron la capacidad de diferenciar las formas y texturas presentadas, en el tiempo de observación.
3. Los especímenes estudiados presentaron un alto nivel de curiosidad, por lo que no discriminaron las formas nuevas.
4. Los organismos demostraron que a pequeña escala, se basan tanto de la forma como de la textura para la búsqueda del objeto que contiene alimento.

5. Recomendaciones

1. Son varios los factores que pueden influenciar las respuestas cognitivas y conductuales en los murciélagos, los parámetros utilizados en el trabajo no permiten analizar a fondo los cambios generados por los mismos, por lo cual se recomienda para futuros trabajos relacionados:
2. Investigar la simetría de las flores (objetos) y la influencia de éstas en la preferencia del murciélago para alimentarse, de igual manera se recomienda en futuros experimentos, realizar el entrenamiento por más tiempo, ya que por la supervivencia del organismo, en experimentos realizados en el campo, no se mantiene por muchos días en las carpas a los especímenes, por lo cual, el tiempo de experimentación es relativamente bajo, en comparación a los trabajos en laboratorios, y si aceptamos el principio de la ley del efecto, la cual fue citada en la introducción, con mayor tiempo de

entrenamiento, se podrá generar un mayor aprendizaje.

3. De igual manera como se ha observado y estudiado el efecto que causan los bebederos sobre los colibríes, se recomienda analizar esto en murciélagos polinizadores, en éstos puede afectar mayormente ya que la diversidad de ellos y la diversidad de plantas es menor que la de los colibríes.

Referencias

- [1] Berger- Sweeney, J., Arnold, A., Gabeau, D. y Mills, J. (1995). Sex differences in learning and memory in mice: effects of sequence of testing and cholinergic blockade. *Behavioral Neuroscience*, 5, 859-873.
- [2] Brito Jorge & Jaime Palacios, 2009. Caracterización de la comunidad de mamíferos de la cordillera de Domono alto, Morona Santiago.
- [3] Dudchenko P. 2004, An overview of the tasks used to test working memory in rodents *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 28 699–709.
- [4] Eklöf, J. 2003, Vision in echolocating bats, Doctoral thesis Zoology Department, Göteborg University.
- [5] Fleming Theodore H., Muchhala Nathan, and Ornelas, J. Francisco. NEW WORLD NECTAR-FEEDING VERTEBRATES: COMMUNITY PATTERNS AND PROCESSES, CAP. 15: 163-186. En: SÁNCHEZ-CORDERO V. y MEDELLÍN R.A. (Eds.) *CONTRIBUCIONES MASTOZOOLÓGICAS EN HOMENAJE A BERNARDO VILLA*, 706 p. Instituto de Biología, UNAM; Instituto de Ecología, UNAM; CONABIO. México, 2005. ISBN 970-32-2603-5.
- [6] Fundación de conservación Jocotoco disponible en <http://www.fjocotoco.org/espanol/tapichala.htm> consultado 5.01.2011
- [7] Giurfa M., A. Dafni and P. Neal, 1999. Floral Symmetry and its role in plant-pollinator systems.
- [8] Herrera M. 2008, Aprendizaje en distintos estados de conciencia, Tesis de licenciatura en ciencias físicas, Facultad de ciencias naturales y exactas, Universidad de buenos Aires.
- [9] HILL, J. & J. SMITH. 1984. *Bats: A Natural History*. Austin: University of Texas Press
- [10] Lopera F. 2003-2004 Evolución y cognición, *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, Vol. 6, p. 27-34
- [11] Marín-Padilla 2001. Evolución de la estructura de la neocorteza del mamífero: nueva teoría citoarquitectónica, *revista de neurología*
- [12] Marquez M. 2009, Memoria y aprendizaje en la escogencia floral de las abejas. *Acta biol. Colomb.*, Vol. 14 N° 2, 125 – 136
- [13] McCaffrey Rachel and Susan Wethington 2008. How the presence of feeders affects the use of local floral resources by hummingbirds: a case study from southern Arizona. *The condor* 110(4): 786-791.
- [14] Mondragón R. Ceballos. 2002 La inteligencia maquiavélica de los primates y la evolución del cerebro social.
- [15] Mora J. de la 1979, *Psicología del Aprendizaje*, Editorial el Progreso, 3ra edición, Mexico D.F., 49-57
- [16] Muchhala N. & P. Jarrin 2002. Flower visitation by bats in cloud forest of western Ecuador. *BIOTROPICA* 34(3): 387-395.
- [17] Muchhala N. 2006. The pollination biology of *Burmaistera* (Campanulaceae): specialization and syndromes. *American Journal of Botany* 93(8): 1081-1089.
- [18] Muchhala N. 2007. Adaptive tradeoff in floral morphology mediates specialization for flowers pollinated by bats and hummingbirds. *American Naturalist* 169:494-504.
- [19] Muchhala N. & J. Thomson, 2009. Fur versus feathers: Pollen delivery by bats and hummingbirds and consequence for pollen production. *The American Naturalist*, vol. 175, No 6.
- [20] Ortiz D., Lorenzo C., Naranjo E., Leon L., 2003 Selección de refugios por tres especies de murciélagos frugívoros (Chiroptera: Phyllostomidae) en la Selva Lacandona, Chiapas, Mexico. *Revista Mexicana de biodiversidad*, 77: 261-270
- [21] Robayo J., G. Robayo, V. Zak, 2004 Plan de manejo Bosque Protector Rio Guajalito.
- [22] Rodriguez I., A. Gumbert, 2004. Symmetry is in the eye of the beekeeper innate preference for bilateral symmetry in flower-naive bumblebees, *Naturwissenschaften* (2004) 91:374–377.
- [23] Sampedro A., Mendoza K., 2009 Comparacion de la actividad nocturna de poblaciones de *artibeus obscurus* (Chiroptera: Phyllostomidae) que habitan en construcciones humanas y cuevas, en el departamento de sucre, colombia, *Rev. Colombiana cienc. Anim.* 1(2) 202-215.
- [24] Santín, L.J., Aguirre, J.A., Rubio, S., Begega, A., Miranda, R. y Arias, J.L. (2001). Spatial memory and c-fos expression in supramammillary nucleus, anterior cingulate gyrus, and entorhinal cortex. *Psicothema*, 13, 214-221.
- [25] Sundberg M. 1996, toward granting linguistic competence to apes: a review of savage-rumbaugh et al. *Language comprehension in ape and child journal of the experimental analysis of behavior* 65, 477-492.
- [26] Suthers, R. A., Chase, J. & Bradford, B. 1969. Visual form discrimination by echolocating bats. *Biol. Bull.* 137, 535-546.

- [27] Thorndike E. 1911, Animal Intelligence, An internet resource developed by Christopher D. Green, York University, Toronto, Ontario, disponible en <http://psychclassics.yorku.ca/Thorndike/Animal/> Consultado 17.01.2011
- [28] Titira, D. 2007. Mamíferos del Ecuador: Guía de Campo. Ediciones Murciélago blanco. Quito, Ecuador. Pp. 260-263.
- [29] v. Helversen D., v. Helversen O., Holderied M., 2002, Echoes of bat- pollinated bell-shaped flowers: conspicuous for nectar-feeding bats? The Journal of Experimental Biology 206, 1025-1034
- [30] Vicens P., Rosa Redolat* y M^a del Carmen Carrasco 2003
- [31] Aprendizaje espacial y laberinto de agua: Metodología y aplicaciones Psicothema Vol. 15, n° 4, pp. 539-544
- [32] Yanayacu Biological Station & center for creative studies Cosanga, Napo province, North-Eastern Ecuador, South America, disponible en http://www.yanayacu.org/location_2007.htm Consultado 5.01.2011.