

00322
161



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

NIVELES DE CORTISOL FECAL EN *Ateles goeffroyi yucatanensis* EN DIFERENTES TIPOS DE HÁBITAT DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN, MÉXICO.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
B I Ó L O G A
P R E S E N T A :
ARIADNA/RANGEL NEGRÍN

DIRECTOR DE TESIS:
DR. JUAN CARLOS SERIO - SILVA

CO-DIRECTOR DE TESIS:
BIOL. RICARDO ARTURO VALDEZ PÉREZ



FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM



FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MEXICO

DRA. MARÍA DE LOURDES ESTEVA PERALTA
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:
 Niveles de cortisol fecal en Ateles geoffroyi yucatanensis en diferentes
 tipos de hábitat de la Península de Yucatán, México,
 realizado por Ariadna Rangel Negrín

con número de cuenta 9653293-7, quien cubrió los créditos de la carrera de: Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Director de Tesis
 Propietario

Dr. Juan Carlos Serio Silva
 Propietario Co-Director:
 Biol. Ricardo Arturo Valdez Pérez

Propietario
 Biol. Rita Virginia Arenas Rosas

Suplente
 Biol. Dagmar Olivia Gerdes Barkow

Suplente
 Biol. Juana Margarita Garza Castro

Consejo Departamental de Biología

Manuel Rodríguez Chávez

FACULTAD DE CIENCIAS
 U N A M



DEPARTAMENTO
 DE BIOLOGÍA

l.a

Este trabajo no hubiera sido posible sin el invaluable apoyo otorgado por:

-El laboratorio de la Dra. Marta Romano. Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias del CINVESTAV, Zacatenco.

-Pronatura Península de Yucatán.

-CONACIT-SISIERRA

La parte correspondiente al trabajo de laboratorio de la presente tesis se realizó en el Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias del CINVESTAV, Zacatenco, bajo la asesoría de la Dra. Marta C. Romano

A mi mamá.... por la vida, por la presencia, por el amor. Te quiero mucho.

A mi papá con todo el amor del mundo... por todo el apoyo y el cariño.

A Diego porque compartió conmigo este proceso.

A José porque es parte fundamental de mi vida, de mi casa y de mi familia.

AGRADECIMIENTOS:

-A Juan Carlos y a Ricardo por ser los mejores asesores del mundo, por su paciencia y por creer en mí.

-A la UNAM y a la Facultad de Ciencias por todo lo que me han dado.

-Al CONACYT-SISIERRA por el financiamiento otorgado para la realización de esta tesis, derivado del proyecto "Identificación de áreas prioritarias para la conservación de los primates de la península de Yucatán".

-A Pronatura Península de Yucatán A.C., por todas las facilidades. A Joann Andrews, a René Cámara, a Juan Carlos Faller, Clarita y Gladys.

-Al CINVESTAV, especialmente a la Dra. Martha Romano, por todas las facilidades para la realización de este proyecto, a Ricardo, porque sin él todo esto no hubiera sido posible. A Carolina, Silvia, Beti, Armando y Jesús. Especialmente a Ada por todo lo que compartimos y aprendimos juntas.

-Al Zoológico del Centenario, en Mérida, Yucatán. Especialmente a Iber, por su apoyo.

-A mis sinodales Dagmar Gerdes, por todo lo que me enseñaste, Rita Arenas, por la introducción a la etología, a Margarita Garza por su apoyo y por las prácticas.

-A Eulogio, Macedonio, Don Basilio y Marcos por compartir su "monte" conmigo, por guiarme en él y por el apoyo.

-A todas las personas con las que compartí el trabajo de campo, a Juan Carlos (parece que nunca voy a terminar de agradecerte), a Moni, por compartir las avispas y las largas caminatas, a Martha y a Horacio, a Víctor y a Diego por las historias, a Gabriel, por toda tu ayuda y por una salida de campo inolvidable y a Leo por que siempre estuviste conmigo.

-Al Zoológico San Juan de Aragón, por todo el apoyo. A Dagmar por la confianza, a Julieta, Gerardo, Guillermo y Arturo por las facilidades que me prestaron. A Don Toño y Don Mariano por las muestras, y demás.

- A Dulce Brousset, a Javier Ojeda y a los estudiantes del CINVESTAV por su ayuda.

- A toda mi familia, que es una larga lista, que me ha sustentado toda mi vida: a mi abuelita por las tardes que pasamos juntas; a mi abuelito por todo lo que me ha enseñado en su rancho; a mi abuela Ofe, a Ofe y Chucho, a Palo y Armando (Gracias por muchas estancias y sonrisas); a Dani y Gabi, a Carmela y Migue, Buyi y Beti, Joss, Luci, y Rosa, a Guayo y David, a Gabi y Edith, a Carolina por ser mi angelita, a Ale, Tere, Santi y a Pablo, a Pepe Joyce y Lucas.

-A Varenka porque se fue como mi unicornio azul.

-Al CAF por mi formación, a mis amigos de ahí (a TODOS) y a los de la Fac. Por todo.

-A las selvas de México por existir. Especialmente a Punta Laguna, Petcacab, Tres Garantías y el Jardín Botánico, por todo lo que me enseñaron y para que siempre existan.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	
I. INTRODUCCIÓN	9
A. Las selvas tropicales: Amenazas para su conservación y el impacto sobre la fauna silvestre.	9
1. La fragmentación del hábitat y la pérdida de la biodiversidad.	9
2. Las selvas mexicanas y su estado de conservación.	10
3. La pérdida del hábitat y su efecto sobre los monos silvestres.	11
4. El mono araña (<i>Ateles geoffroyi yucatanensis</i>): aspectos básicos de su biología.	13
B. El estrés, causas y efectos en los seres vivos.	15
1. Estrés: definición y aproximaciones al tema	15
2. Sistemas endócrinos relacionados con el estrés.	16
3. Estudios en humanos y otros mamíferos.	18
II. ANTECEDENTES	19
A. El Radioinmunoanálisis como herramienta en la evaluación hormonal.	19
B. Respuestas fisiológicas como efecto del estrés	21
C. Los primates y el estrés. Estudios previos.	22
III. OBJETIVOS	25
A. General	25
B. Específicos	25
IV. HIPÓTESIS	26
V. MÉTODO	26
A. Trabajo de campo	26
1. Sujetos de estudio	26
2. Sitios de estudio	29
3. Colecta de material	34
4. Preservación de material de colecta.	35
B. Trabajo de laboratorio	35
1. Extracción del metabolito de cortisol	35
2. Radioinmunoanálisis	36

	3.	Análisis de datos	38
VI.		RESULTADOS	39
	A.	Validación de la técnica	39
	B.	Comparación de las diferentes condiciones de hábitat	41
VII.		DISCUSIÓN	44
	A.	Validación de la técnica	44
	B.	Animales en vida libre	45
	C.	Animales en cautiverio	47
VIII.		CONCLUSIONES	53
		LITERATURA CITADA	55
		APÉNDICES	65

LISTADO DE FIGURAS

	1.	Mono araña en vida libre. Petcacab, Quintana Roo. Hábitat conservado.	27
	2.	Mono araña en vida libre. Jardín Botánico, Quintana Roo. Hábitat fragmentado.	27
	3.	Mono araña en cautiverio, Zoológico "Centenario", Yucatán	28
	4.	Mono araña mascota 1, <i>Ak Tun Chen</i> . Quintana Roo.	28
	5.	Mono araña mascota 2, <i>Ak Tun Chen</i> . Quintana Roo.	29
	6.	Mapa del estado de Quintana Roo con cabeceras municipales y tipo de vegetación. Fuente.- INEGI, 2000	31
	7.	Localización de sitios de estudio en Quintana Roo, México.	32
	8.	Diferencias en las concentraciones de cortisol fecal encontradas en dos individuos de diferente sexo después de un estímulo estresante.	39
	9.	Manejo del muestreo para toma de suero usado en la validación de la técnica.	41
	10.	Promedio y error estándar de los niveles de cortisol fecal en diferentes condiciones de hábitat.	42
	11.	Promedio y error estándar de los niveles de cortisol fecal en las diferentes localidades.	43

LISTADO DE TABLAS

1. Descripción de la ubicación geográfica y el número de muestras colectadas por localidad para la medición de cortisol en heces de *Ateles geoffroyi yucatanensis*. 33
2. Ficha de colecta de muestras de heces de mono araña utilizada en campo para identificación de cada muestra. 34
3. Estadística descriptiva de los datos de niveles de cortisol en monos araña (*Ateles geoffroyi yucatanensis*) en diferentes condiciones de hábitat. 41

RESUMEN

El mono araña (*Ateles geoffroyi yucatanensis*), que se distribuye en la península de Yucatán enfrenta condiciones contrastantes de conservación de su hábitat. Por un lado existen grupos que habitan zonas muy reducidas (o fragmentadas), mientras que otros se encuentran en áreas extensas de selvas (no fragmentadas o conservadas). En esta extensa área se registra, como en otras zonas, la tendencia a la desaparición de las selvas lo cual tiene un impacto directo en la reducción de las poblaciones de monos, daño incalculable para el ecosistema.

En este trabajo se estudiaron poblaciones de monos araña localizados en la península de Yucatán específicamente en el estado de Quintana Roo, México. Se compararon los niveles de cortisol presentados en las heces de individuos que se encuentran en diferentes condiciones: a) vida libre; (hábitat conservado y fragmentado), b) cautiverio (mascotas y animales en zoológicos) en dos localidades para cada condición. Los sitios considerados fueron: Petcacab y Tres Garantías para hábitat conservado; Punta Laguna y Jardín Botánico de Puerto Morelos para fragmentado; en el caso de los zoológicos se muestreó el Zoológico de Chetumal, unos animales en exhibición tipo zoológico en la localidad de *Ak Tun Chen*, Quintana Roo, y el Zoológico del "Centenario" en Mérida Yucatán, donde también se tomaron las muestras de suero para la validación de la técnica; por último, las muestras de heces en mascotas fueron recolectadas en varias localidades (N= 4) del estado de Quintana Roo.

Si bien las determinaciones de cortisol para valorar la función adrenocórtica en relación con el estrés son usuales por métodos invasivos, este trabajo recurre al análisis de muestras de heces como procedimiento no invasivo confiable para tal valoración. El concepto estrés debe ser usado para referirse a aquella parte del nivel de bienestar negativo que involucra el fracaso del animal ante los cambios del medio ambiente. Con relación a esto, en este trabajo se compararon muestras provenientes de ejemplares localizados en diferentes condiciones de hábitat, tratando de ubicar alguna relación entre los gradientes de perturbación del hábitat y el posible estrés de los monos araña bajo esas condiciones.

Los resultados derivados del análisis de muestras por medio de radioinmunoanálisis indican que hay diferencias en los niveles de cortisol hallados en diferentes tipos de hábitat, ya que son más bajos en las muestras de animales que viven en vida libre en hábitat conservado, en relación con los que se encuentran en las demás condiciones.

Los estudios de comparación de diferentes condiciones de hábitat en primates silvestres en nuestro país son muy escasos pese a que resultan de extrema importancia sobre todo para las poblaciones que se encuentran en hábitat conservado con riesgo inminente de fragmentación; su utilidad sería valiosa para la toma de decisiones relacionadas con las acciones de conservación para este tipo de hábitat.

Palabras clave: *Ateles geoffroyi yucatanensis*, Península de Yucatán, fragmentación del hábitat, cautiverio, cortisol y estrés.

I. INTRODUCCIÓN

A) LAS SELVAS TROPICALES: AMENAZAS PARA SU CONSERVACIÓN Y EL IMPACTO SOBRE LA FAUNA SILVESTRE.

1. La fragmentación del hábitat y la pérdida de la biodiversidad.

La fragmentación del hábitat se conceptualiza como una interrupción de la continuidad de la comunidad; consiste en un mosaico en que se alternan parches en diferentes estados de alteración, con tierras dedicadas a varios otros usos de suelo (Lord y Norton, 1990). Es un proceso caracterizado por la segmentación del bosque en pequeños y aislados manchones de vegetación. Este proceso tiene como consecuencia inmediata la reducción del hábitat, de los tamaños poblacionales y la pérdida de especies (Terborgh, 1992). Una de las principales causas de la pérdida de la biodiversidad es la fragmentación; los segmentos de comunidades naturales presentan menor cantidad de especies con respecto a las áreas de tamaño similar no separadas del continuo.

Las consecuencias de la fragmentación no se limitan a la reducción del tamaño real de las áreas naturales, sino también a la redistribución de la zona remanente en parches, que afecta a su vez, la dispersión y el ritmo de migración de los individuos (Haila *et al.*, 1993)

La fragmentación reduce la capacidad de dispersión y colonización de las especies y, como resultado, muchas de ellas no son capaces de recolonizar aquellos segmentos de bosque tropical donde la población original ha desaparecido (Terborgh, 1992). Asimismo, dificulta la posibilidad de encontrar alimento, ya que muchos animales necesitan moverse libremente a través del hábitat para satisfacer sus necesidades, pero cuando el medio se encuentra segmentado, las especies se ven imposibilitadas para desplazarse a lo largo de su rango habitacional normal.

La fragmentación también puede disminuir el número de individuos en una población dividiéndola en dos o más subgrupos, los cuales estarían más propensos a la deriva génica y a la endogamia (Ayala, 2001).

2. Las selvas mexicanas y su estado de conservación.

Wilson (1989) indica que la tasa de deforestación del planeta para el bosque tropical perennifolio es de 100,000 Km² anuales (1% de su superficie), lo que representa un área equivalente a la que poseen los estados de Campeche y Quintana Roo. La situación para la República Mexicana no es muy distinta, ya que alrededor del 70% de su territorio está afectado principalmente por actividades de ganadería o agricultura y ocupa el tercer lugar en cuanto a las tasas de deforestación anuales para Latinoamérica (500,000 ha), lo que ha ocasionado una notable reducción y fragmentación de los ecosistemas (Toledo, 1988). Las tasas de deforestación calculadas para algunas de las regiones del país oscilan entre 1.0 y 4.2% por año (Dirzo y García, 1992; Dirzo, 1992).

México ha sido señalado como uno de los países que cuenta con mayor variedad de plantas y animales. Este no sólo goza de una gran riqueza y abundancia natural, sino que en el panorama internacional el sur de México es reconocido como una de las áreas más amenazadas (Mittermeier, 1996). En particular, las selvas húmedas de México se cuentan entre los ecosistemas de mayor productividad biológica y diversidad de especies del planeta (Challenger, 1998).

La colonización del sureste de México determina la fragmentación, perturbación y desaparición de los bosques tropicales. Esta actividad humana es un factor determinante para la disminución de poblaciones silvestres de plantas y animales; asimismo, la fragmentación de los bosques implica la creación de pequeños manchones aislados de vegetación, los cuales progresivamente se deterioran. Estos bosques aislados se convierten en refugio de numerosas poblaciones silvestres de animales que huyen de la acción transformadora del hombre (Rodríguez-Luna *et al.*, 1993). Es evidente que la selva tropical húmeda al sur de México se ha visto severamente afectada por las actividades humanas, lo que ha puesto en riesgo la

supervivencia de un gran número de especies (López Chávez y Cuarón, 2000). La tasa de deforestación en el trópico mexicano es elevada, y se traduce en el exterminio local de las especies que habitan en ella (Estrada *et al.*, 1993). Según este autor cada cinco minutos desaparece una hectárea de selva húmeda tropical en nuestro país. En gran parte, este fenómeno obedece al crecimiento de las poblaciones humanas y al uso intensivo y extensivo de las tierras tropicales utilizadas en sistemas de manejo forestal y agropecuario que tiende a la eliminación total de la selva y de la diversidad biológica original.

De las 17 provincias biogeográficas de México una de las más características es, sin duda, la Península de Yucatán, ya que existe un claro consenso entre diversos autores en delimitarla como una provincia biótica (Rzedowski, 1978; Ferrusquía-Villafranca, 1990; Leopold, 1990 y Flores, 1991); a pesar de tal acuerdo, se han manifestado algunas controversias acerca de sus límites biogeográficos con áreas vecinas, de la delimitación de distritos dentro de la región y de sus afinidades fitogeográficas.

3. La pérdida del hábitat y su efecto sobre los monos silvestres.

En las últimas décadas se ha producido a un ritmo creciente una progresiva transformación y desaparición del hábitat de los primates a nivel mundial. Esta alteración ha puesto en peligro de extinción a un número creciente de especies. México, como límite norteño de la distribución de los primates en el Continente Americano, es una de las zonas donde estos se encuentran potencialmente más amenazados. Las poblaciones de primates se ven fuertemente afectadas por la presión humana que se traduce fundamentalmente en la desaparición y fragmentación de su medio (Véa, 2001). La transformación y modificación del hábitat en el área de distribución de los primates silvestres de México conduce a estas especies hacia un grave riesgo de extinción (Serio-Silva *et al.*, 2001). En la Península de Yucatán se distribuye el mono araña *Ateles geoffroyi yucatanensis* y, según Serio-Silva (2001), a pesar de que probablemente esta zona cubra las áreas de selva más extensas del país, en algunas localidades su futuro podría correr riesgos. Dado que los primates son organismos que

requieren de grandes extensiones de bosque tropical no perturbado, son especialmente vulnerables a la fragmentación (Ayala, 2001).

La fragmentación implica la pérdida del hábitat, la reducción del tamaño del parche y el incremento en la distancia entre parches (Andrén, 1994). Este mismo factor actúa negativamente sobre las poblaciones de monos, tanto en México como en otras partes del mundo. De hecho, actualmente el mono araña (*Ateles geoffroyi*) es habitante común de fragmentos de selva de extensiones variables, localizados en el sureste de la nación.

En las selvas del sur de México, y específicamente en la Península de Yucatán, encontramos poblaciones silvestres de una de estas subespecies de mono araña (*Ateles geoffroyi yucatanensis*). Sin embargo, datos recientes demuestran que la desaparición de las selvas lleva consecuentemente a la reducción de las poblaciones de monos. Dentro de las selvas los monos araña cumplen diversas funciones ecológicas, insuficientemente exploradas, por lo que su desaparición de estos ecosistemas es incalculable, lo que, de cualquier modo, significa un daño al ecosistema (Estrada *et al.*, 1993).

Se ha determinado que la viabilidad de las poblaciones de primates en los parches de vegetación dependerá del tamaño del área, del grado de aislamiento y del tiempo acumulado desde el inicio del proceso de fragmentación, de modo que las poblaciones de primates tendrán más posibilidades de sobrevivir en manchones de gran tamaño, aislados recientemente y que se encuentren a corta distancia de otros parches (Cowlishaw y Dunbar, 2000).

El mono araña (*Ateles geoffroyi yucatanensis*) que habita en la Península de Yucatán (Estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo) enfrenta condiciones contrastantes de conservación de su medio. Por un lado, existen grupos que habitan zonas muy reducidas (o fragmentadas), mientras que otros viven en áreas extensas de selva (no fragmentada o conservada). Los estudios realizados sobre la especie de mono araña (*Ateles geoffroyi yucatanensis*) en la Península de Yucatán, son escasos (Estrada *et al.*, 1984, 1989; Watts y Rico-Gray, 1987; Ayala, 2001; Bonilla, 2002;

Ramos-Fernández y Ayala, 2002); sería necesario desarrollar investigaciones más profundas sobre la importancia de estos primates y el estado en que se encuentran. La carencia de información en este ámbito puede ser consecuencia de la dificultad de estudiar a estas especies en su hábitat natural, por lo poco accesible de las localidades donde estos animales se distribuyen; por lo anterior, cualquier aportación para ampliar el conocimiento sobre aspectos conductuales, ecológicos, evolutivos, etc., resulta muy valiosa, ya que podría ser utilizada de manera directa sobre la conservación de primates silvestres de la península de Yucatán. A pesar de la escasez de estudios en torno al tema, hay evidencias que indican que la participación de los monos araña en diversos enlaces y procesos ecológicos de las selvas promueven la sustentabilidad del ecosistema y que sin los primates se perdería mucho de la capacidad de autorregulación y autorecuperación de estos ambientes (Estrada *et al.*, 1993), ya que fungen como removedores de gran cantidad de biomasa vegetal por hectárea por año y dispersores de semillas con lo que ayudan a mantener la heterogeneidad florística del ecosistema contribuyendo a la regeneración de especies (Estrada y Coates-Estrada, 1989).

La conservación de especies silvestres se vincula íntimamente a la protección de las áreas naturales (Terborgh, 1992). El caso del mono araña que vive en el estado de Quintana Roo, en la Península de Yucatán, no es la excepción. Por desgracia, en la actualidad este tipo de zonas están seriamente explotadas y, en muchos casos, deforestadas.

4. El mono araña (*Ateles geoffroyi yucatanensis*):

Aspectos básicos de su biología.

Los monos araña pertenecen al orden primates, a la familia *Cebidae* y al género *Ateles*, el cual comprende varias especies de primates neotropicales cuya distribución se extiende de la costa este de Tamaulipas en México (23° N), hasta el sur de la cuenca del Amazonas (16° S). Son los monos trepadores más versátiles del nuevo mundo ya que tienen una cola prensil bien desarrollada con una almohadilla dermatoglifa, la cual funciona como quinta extremidad. Los monos que pertenecen a

este género presentan una gran variedad en el patrón de coloración del pelaje; sin embargo, en la actualidad la clasificación se basa en estas características por ser las más conspicuas (Roosmalen y Klein, 1987); para la identificación de especies en animales que se encuentran en vida libre también es factible remitirse a la distribución geográfica.

El mono araña yucateco o de manos negras, *Ateles geoffroyi yucatanensis*, es una de las nueve subespecies de *A. geoffroyi* descritas por medio de patrones de coloración en el pelaje. *Ateles geoffroyi yucatanensis* es endémica de la Península de Yucatán. Tradicionalmente se reconocen cuatro especies de monos araña: *Ateles geoffroyi*, *A. fusciceps*, *A. belzebuth* y *A. paniscus* (Roosmalen y Klein, 1987).

Los machos adultos del género *Ateles* pesan en promedio alrededor de ocho kilos, alcanzan su madurez sexual entre los cuatro y los cinco años de edad. El periodo de gestación varía de 223 días a 231 días, mientras que los intervalos entre nacimientos pueden durar entre 22 y 45 meses (Chapman y Chapman, 1990).

Los monos araña tienen las extremidades largas; poseen una cola prensil que les sirve como una quinta extremidad y carecen de pulgar oponible o este se presenta como vestigio (Robinson y Janson, 1987). Son arborícolas y habitan preferentemente en el estrato superior del dosel de los bosques tropicales no perturbados. Son principalmente de hábitos frugívoros, con preferencia de la fruta madura y complementan su alimentación con hojas tiernas, flores y corteza (Symington, 1987; Roosmalen y Klein, 1987). Se ha propuesto que su sistema de organización surge como consecuencia de su dieta dado que los frutos maduros, de alta calidad nutricional, se encuentran en parches discretos y de abundancia variable, dispersos en el área de forrajeo (Fedigan y Baxter, 1984). Su rango diario varía entre 300 y 3000m, y su rango habitacional varía entre 2.5 y 4Km.² (Roosmalen y Klein, 1987).

Los monos araña son gregarios; generalmente se agrupan de 10 a 25 individuos adultos, de ambos sexos, que se dividen en subgrupos de dos a cinco adultos, que se mueven y se alimentan juntos. Esta organización social se conoce como fisión-fusión y

se caracteriza por una gran flexibilidad en el tamaño y en la composición de los subgrupos. Ya que a lo largo del día puede cambiar la composición de los subgrupos varias veces, y al llegar la noche los monos forman grupos más grandes para dormir (Chapman *et al.*, 1993). En los monos araña son las hembras las que emigran a otros núcleos cuando son subadultas (50-65 meses). Los machos permanecen en su grupo natal y establecen alianzas entre ellos; tienden a moverse juntos en subgrupos y sólo las hembras en estro suelen asociarse frecuentemente con los machos (Ramos-Fernández, comunicación personal, 2001).

Ateles geoffroyi yucatanensis se ubica en el estatus de "vulnerable" (IUCN, 2000). La IUCN define la clasificación de vulnerable a un taxón que no se encuentra en peligro o peligro crítico pero está enfrentando un riesgo muy alto de extinción en vida libre y en un futuro a mediano plazo (IUCN, 2000). Ahora bien, conforme al proyecto de la Norma Oficial Mexicana (PROY-NOM-059-ECOL-2000) se clasifican en peligro de extinción debido a que son objeto de diversas amenazas para su conservación. La mayoría de estas amenazas son el resultado de actividades humanas tales como la caza, la tala y la expansión de los campos de cultivo.

B) EL ESTRÉS, CAUSAS Y EFECTOS EN LOS SERES VIVOS.

1. Estrés: Definición y aproximaciones al tema.

La palabra estrés debe ser usada para aquella parte del nivel de bienestar negativo que involucra el fracaso para poder enfrentar los cambios del ambiente. El estrés puede definirse como un efecto ambiental que sobrepasa los sistemas de control de un individuo y reduce su habilidad inclusiva, o presenta una mayor probabilidad de hacerlo (Brousset *et al.*, 2001). Si se usa esta definición la relación entre bienestar y estrés queda muy clara. Primeramente, mientras que el bienestar se refiere a un rango del estado del animal que puede variar desde muy bueno, hasta muy malo, y siempre que hay estrés el bienestar tiende a ser malo. Segundo, el estrés sólo se refiere a situaciones donde se fracasa en sobrellevar dicho cambio ambiental o cuando se esta teniendo problemas para sobrellevarlo.

Se ha definido al estrés como la respuesta no específica del organismo a cualquier demanda que se hace sobre él (Dierauf, 1990). Esta demanda puede ser un trauma severo, como una quemadura, una enfermedad, cirugía, hipoglucemia, fiebre, hipertensión, ejercicio extremo, parasitismo, captura, cautiverio, transportación y muchas otras situaciones (Stahl y Dörner, 1982). Lo anterior involucra un síndrome de adaptación general el cual se puede dividir en tres fases: 1) **Fase de alarma**, caracterizada por una respuesta fisiológica rápida en la cual se estimula el eje hipotálamo-hipófisis-adrenales (HHA). 2) **Fase de compensación** o adaptación, donde después de una exposición más o menos prolongada al agente estresante el organismo se adapta o compensa las condiciones alteradas que causan el estrés. Si el estrés es de suficiente intensidad y duración, la compensación puede no ser posible y el organismo entra a la tercera y última fase, o sea la etapa de mala adaptación o agotamiento del eje HHA, que es también conocido como **estrés crónico** (Dierauf, 1990).

2. Sistemas endocrinos relacionados con el estrés

Dentro de las glándulas endocrinas se encuentran las suprarrenales, pequeñas masas de tejido amarillo, que se localizan en los extremos superiores de los riñones; poseen una parte central llamada médula suprarrenal y una porción externa denominada corteza suprarrenal; aunque unidas anatómicamente, derivan de tipos diferentes de tejidos embrionarios y funcionan como glándulas distintas; secretan hormonas que regulan el metabolismo y apoyan al organismo en el manejo del estrés. Todas las hormonas de la corteza suprarrenal son esteroides sintetizados a partir del colesterol. La corteza suprarrenal produce en cantidades significativas sólo tres tipos de hormonas: andrógenos, mineralocorticoides y glucocorticoides. Dentro de los glucocorticoides se encuentra el cortisol que es la hormona que de manera más importante facilita la adaptación del organismo al estrés (Solomon *et al.*, 1996).

El cortisol, también llamado hidrocortisona (4-pregnen 11β , 17α , 21-triol-3, 20-diona) representa alrededor del 95% de los glucocorticoides suprarrenales y ayuda a garantizar el suministro adecuado de combustibles para las células cuando el organismo está bajo estrés. Induce en las células hepáticas la gluconeogénesis, o sea la producción de glucosa a partir de otros nutrientes, estimulando el transporte de aminoácidos hacia los hepatocitos; promueve la movilización de grasas para que haya ácidos grasos disponibles para su conversión a glucosa. De este modo, la corteza suprarrenal asegura el suministro de glucosa cuando el organismo está bajo estrés y cuando por consiguiente, requiere más energía que en condiciones normales (Guyton y Hali, 1996).

La estimulación del eje HHA se inicia en el cerebro en donde una situación de estrés se detecta en el sistema nervioso central (SNC) que envía una señal al sistema límbico; éste a su vez envía una señal al hipotálamo, el cual, como respuesta, secreta la hormona liberadora de corticotropina (HLC). Esta HLC se une a un receptor de membrana presente en las células de la hipófisis y promueve la liberación de la hormona adenocorticotrófica (ACTH). La ACTH se une a las células de la zona fasciculada de la corteza adrenal y aumenta la velocidad de síntesis de cortisol así como su secreción. El cortisol circula en la sangre unido a la transcortina o globulina fijadora de corticosteroides (CBG en inglés) con una disociación limitada hacia la forma libre. El cortisol libre es captado por muchas células del cuerpo que contienen cantidades variables de receptor a corticosteroides. Una vez formado el complejo cortisol-receptor se transloca al núcleo celular en donde se une al ADN y promueve la síntesis de los productos fenotípicos necesarios para acelerar el metabolismo celular. Este proceso representa la acción celular de la hormona para inducir la adaptación al estrés (Guyton y Hali, 1996).

3. Estudios en humanos y otros mamíferos

Se ha observado que cuando los humanos son sometidos a diferentes situaciones de estrés, ya sea de origen doloroso o de ansiedad, presentan una elevación concomitante de los niveles de cortisol. Los incrementos variaron desde un 157% hasta un 230% dependiendo del tipo de estrés. Durante ciertos padecimientos como el "síndrome de Cushing", los niveles de cortisol fueron del 380%, más elevados que en personas sanas.

En la actualidad existe evidencia cada vez mayor de que por lo menos en el humano la medición de la concentración de cortisol en saliva es útil clínicamente como un índice de cortisol libre (no unido a proteína) circulante en el plasma sanguíneo (Katz y Shannon, 1969; Vinning *et al.*, 1983). Se ha demostrado que también la obtención de saliva, orina o heces es menos traumática que la obtención de sangre (Vinning y McGinley, 1985; Yalow y Berson, 1971).

Cuando algunos mamíferos adultos, como el mono ardilla, se separan de sus compañeros del mismo sexo, muestran elevaciones infrecuentes de cortisol plasmático (Lyons y Levine, 1994). Ocho días después de separarse del grupo, el cortisol en el plasma de las hembras de mono ardilla enjauladas individualmente aumentó entre el 18% y el 20% en relación a los niveles observados en hembras enjauladas por parejas (Lyons y Levine, 1994).

Otro ejemplo es el delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*), en el cual, a pesar de que existan muy pocos estudios que establezcan los niveles normales de cortisol, Thompson y Geraci (1986) encontraron valores de cortisol sanguíneo y lo llamaron "en reposo", considerando que se tomó diez minutos después de una captura "tranquila"; y descubrieron que 30 minutos después de sacar a los delfines del agua, los niveles de cortisol se habían elevado entre el 66% y el 70%. Hernández Ballesteros (1998) encontró que entre los 45 y 60 minutos después de una captura los valores eran 166% más altos.

En un estudio realizado con jaguares se encontró que de manera individual, todos los animales en un ambiente de cautiverio enriquecido presentaron un menor nivel de corticosterona, que los jaguares que se encontraban en un ambiente de cautiverio más pobre. De esta manera, se puede inferir que los jaguares mantenidos en ambientes enriquecidos, tienen un menor grado de estrés que los mantenidos en ambientes simples (Ojeda, 2002). Las características del albergue de la población que se encontraba en un ambiente enriquecido, al ser complejo y con diferentes opciones de enriquecimiento, facilitan la adaptación de los animales al cautiverio (Seidensticker, 1996), donde uno de los indicadores de bienestar, es la capacidad de los animales para poder descansar sin signos constantes de vigilancia (Carlstead, 1998).

II. ANTECEDENTES

A) EL RADIOINMUNOANÁLISIS COMO HERRAMIENTA EN LA EVALUACIÓN HORMONAL.

En la década de los 80's se inician las investigaciones de determinación hormonal por medio de radioinmunoanálisis en varias especies de animales domésticos y silvestres (Schwarzberg *et al.*, 1996; Lasley y Kirkpatrick, 1991; Peter *et al.*, 1996).

Este método se basa en la especificidad que tienen los anticuerpos de unirse a los antígenos, que en este caso son las hormonas. Así, al añadir una cantidad conocida de hormona esteroide marcada radiactivamente más un anticuerpo contra ella, a los extractos que contienen hormonas desconocidas, se produce una competencia entre la hormona marcada y la desconocida por el anticuerpo. Entonces es posible medir la cantidad de hormona marcada unida al anticuerpo que será inversamente proporcional a la cantidad de hormona no marcada de la muestra y es así como se puede calcular la concentración de hormona de la muestra desconocida (Zambrano y Díaz, 1996).

Antes de establecer un protocolo para la determinación de metabolitos de algunos esteroides en heces u orina por medio de radioinmunoanálisis, es importante determinar la vía principal de excreción y el tipo de metabolito excretado para decidir que tipo de muestra y anticuerpo usar (Schwarzberg *et al.*, 1996). Para eso es

necesaria la administración de esteroide marcado radiactivamente que permite obtener información de la ruta y el tiempo de excreción (Zambrano y Diaz, 1996).

Los estudios de radioinfusión han contribuido a entender la circulación entero hepática de las hormonas esteroides y se ha determinado que la excreción de los esteroides al intestino se produce principalmente por la bilis (Schwarzberg *et al.*, 1996) y éstos se encuentran primordialmente conjugados a sulfatos o glucoronidos. Una vez que los ácidos biliares llegan al intestino los esteroides sufren una reabsorción pero durante su circulación por el intestino están expuestos a procesos metabólicos por parte de los microorganismos presentes en la flora normal intestinal, principalmente en el ileo y colon. Se ha descubierto que estos microorganismos de la flora normal en humanos son los responsables de que se encuentren metabolitos de estrógenos en su forma no conjugada, principalmente en heces a causa de la hidrólisis que ejercen sobre ellos (Hil, 1984). Esto da como resultado que los factores más importantes que determinan el tipo de metabolito que se puede obtener a partir de heces, dependen del tiempo de tránsito intestinal y el tipo de flora intestinal y cualquier factor que pueda llegar a modificarlos (Brown y Wildt., 1994). El tiempo entre la circulación y la excreción en heces es similar al tiempo necesario del paso de la bilis al recto que es de 24 a 48 horas en animales herbívoros y en carnívoros de 12 a 24 horas. (Erb *et al.*, 1982).

Finalmente un punto que debe ser cuidado son las posibles causas de variación en la concentración de esteroides en heces, influenciado por cambios en la dieta, contenido de agua o por la acción bacteriana intestinal (Shideler *et al.*, 1993, Wasser *et al.*, 1993). El eliminar el líquido en las muestras fecales no provoca una diferencia significativa en la concentración de esteroides fecales, y una de las ventajas de la liofilización es que después del secado se puede retirar materia vegetal que podría modificar los resultados (Schwarzberg *et al.*, 1996). Se debe tomar en cuenta que la flora bacteriana del tracto digestivo tiene una función importante en la hidrólisis de los metabolitos fecales y ésta sufre cambios a causa de enfermedades de tipo digestivo así como al administrar medicamentos (Shideler *et al.*, 1993, Wasser *et al.*, 1993, Winter *et al.*, 1987, Brown *et al.*, 1997)

B) RESPUESTAS FISIOLÓGICAS COMO EFECTO DEL ESTRÉS.

El *estrés* puede definirse como un cambio en la homeostasis, como resultado de fluctuaciones medioambientales (Moberg, 1987) o por cambios internos, de tipo fisiológico. Cualquiera que sea su origen, estos estímulos inician un cambio adaptativo en el animal (Breazile, 1987).

El *estrés* evoca respuestas que interfieren con el bienestar, confort y/o reproducción y que pueden ser capaces de inducir cambios patológicos. Estas respuestas mayormente inician o desencadenan una variedad de desórdenes en los animales, como alteraciones en el comportamiento alimenticio, úlceras gástricas e intestinales, urticaria, deficiencias inmunes hipertensión e ineficiencia en la reproducción (Breazile, 1987).

Un animal que padece *estrés* por tiempo prolongado mantiene un incremento en las hormonas glucocorticoides; se sabe que estas últimas actúan produciendo la lisis de los leucocitos sanguíneos, particularmente los linfocitos T, monocitos, y eosinófilos así como una supresión en la generación clonal de los linfocitos (Breazile, 1987). Este postulado es de especial importancia, ya que de él se puede inferir que un animal estresado está más propenso a enfermar y a ser colonizado por un mayor número de organismos parásitos o patógenos, que otro individuo mantenido en condiciones medioambientales óptimas (Lyles y Dobson, 1993). Una gran variedad de estresores puede alterar la secreción de hormonas hipofisarias; estas hormonas regulan directamente los factores asociados con un buen estado de salud, por lo que el sistema neuroendócrino ha sido una buena alternativa para medir el *estrés* en los animales. Dentro de las diferentes hormonas, la adenocorticotrópica (ACTH) es la que más atención ha recibido en la investigación porque estimula la síntesis y liberación de los glucocorticosteroides adrenales, cortisol y corticosterona, que son liberados durante períodos de *estrés* (Moberg, 1987). Un incremento en la producción de la hormona adenocorticotrópica por la adenohipófisis, bajo el control del factor liberador de corticotropina resulta en el incremento de las hormonas glucocorticoides adrenales circulantes, que varían con la intensidad de la estimulación y que por lo tanto pueden

ser usadas para medir cambios en estados emocionales (Moberg 1987, Carlstead *et al.*, 1996, Graham *et al.*, 1996)

Para saber si los animales están estresados se pueden medir estos glucocorticosteroides. Asimismo se pueden utilizar métodos de monitoreo no invasivos, midiendo los metabolitos del cortisol que son excretados en la orina y en las heces (Shideler *et al.*, 1994).

Las técnicas de medición de hormonas glucocorticoides proveen información única y valiosa que puede ser de vital importancia para el monitoreo de poblaciones silvestres, sobre todo de animales en peligro de extinción o amenazados. El potencial de la información puede ser concerniente a: (1) la estabilidad y salud de la población de estudio, (2) su condición actual en cuanto problemas y posible estrés crónico (Carlstead *et al.*, 1993), y (3) para poblaciones cautivas, nos indicaría si ésta se encuentra estresada crónicamente y si en su caso necesitaría de la aplicación de un programa de enriquecimiento animal.

C) LOS PRIMATES Y EL ESTRÉS: ESTUDIOS PREVIOS.

El cortisol fecal ha sido usado para medir estrés en primates que se encuentran en cautiverio y en vida silvestre, ya que nos da una medida confiable y cuantificable del estrés ambiental. La endocrinología ha contribuido de manera significativa en los estudios que relacionan las hormonas y la conducta en primates (Cavigelli, 1999). El cortisol fecal puede usarse para relacionar estrés ambiental en especies que vivan en distintos hábitats (Wasser *et al.*, 1991); de tal manera que como es un indicador hormonal del estrés ambiental crónico en poblaciones silvestres y en cautiverio, Franceschini *et al.*, (1997) y Tecot, (1999) mencionan que se puede esperar que existan diferencias significativas en los niveles de cortisol fecal entre animales de la misma especie que habitan sitios bajo diferentes condiciones ambientales.

Varios autores han desarrollado técnicas para cuantificar las hormonas esteroides en heces de diferentes primates. Entre éstas existen técnicas de gran utilidad para la preservación de las muestras y para la extracción de los diferentes

esteroides (Wasser *et al.*, 1983, 1986, 1988, 1991 y Risler *et al.*, 1987). A la fecha varios estudios han descrito el uso de mediciones de esteroides fecales en muestras colectadas de primates en vida libre, con resultados exitosos. Por ejemplo *Papio cynocephalus*, (Wasser *et al.*, 1991 y 1996), *Propithecus verreauxi* (Brockman *et al.*, 1995), y *Brachyteles arachnoides*, (Ziegler *et al.*, 1997).

El desarrollo de métodos para extracción de esteroides en material fecal nos ayuda a obtener información acerca del estado fisiológico de un animal o de una especie. Se ha sugerido que la mayoría de los monos del nuevo mundo presentan niveles más altos de cortisol, progesterona y testosterona en comparación con los monos del viejo mundo (Coe *et al.*, 1992). Este autor encontró que los niveles de cortisol eran elevados en los monos de cuerpo pequeño (*Leontopithecus rosalia* presentó 1.22 µg/ml.), de 3 a 15 veces más alto que los encontrados en monos del viejo mundo. (*Macaca mulata* presentó 0.15 µg/ml.); asimismo individuos del género *Ateles* mostraron los niveles más altos de cortisol (1.25 µg/ml.) dentro de los primates de ese estudio (Coe *et al.*, 1992). Es importante señalar que los individuos de *Ateles* utilizados en este estudio, se encontraban cautivos en Audubon Park Zoo y Baltimore Park Zoo. Las mediciones de cortisol fecal han probado ser una técnica no invasiva para medir el estrés crónico (Galindo *et al.*, 2000).

Los estudios acerca de la respuesta que han presentado los primates a causa de los cambios que ha sufrido su hábitat, como la destrucción, la fragmentación y el aislamiento de las selvas son pocos y están centrados en localidades de Sur y Centroamérica (Estrada *et al.*, 1993). Sin embargo los efectos del aislamiento y la fragmentación podrían manifestarse en reducciones sensibles en la densidad y tamaño de la población de primates (Silva-López *et al.*, 1993).

En los últimos años se han incrementado en nuestro país los estudios sobre los efectos de la fragmentación en las selvas tropicales, pero la información aún es escasa particularmente con relación a los efectos que esta pudiera tener sobre las poblaciones de animales silvestres y especialmente acerca de los primates no humanos que las habitan. La poca información en este ámbito puede deberse a la dificultad de estudiar a

los monos en su hábitat natural, ya que las comunidades donde éstos se distribuyen son generalmente de difícil acceso. Es por eso que cualquier aportación que se haga para ampliar el conocimiento sobre aspectos conductuales, ecológicos, evolutivos, etc., resulta valiosa ya que podría ser utilizada de manera directa en programas de conservación de los primates y las selvas que ellos habitan en la península de Yucatán. Por lo mismo, cabe mencionar que este estudio resulta pionero, ya que no se han hecho mediciones de cortisol como indicador de estrés en esta especie con el objetivo de identificar las diferencias que presenten entre animales que se encuentren en diferentes condiciones de conservación de su hábitat.

Con base en lo anterior, el presente estudio surgió con base en una investigación, cuyo objetivo principal radica en identificar las áreas prioritarias para la conservación de poblaciones silvestres de primates en la península de Yucatán, México, el cual ayudará a la creación de programas efectivos de manejo y preservación de las poblaciones que aún se encuentran de manera silvestre. Para este trabajo se realizó un censo de poblaciones de primates silvestres, el cual nos indica de manera preliminar que las poblaciones de mayor distribución son las que se encuentran al Sur de Campeche y Quintana Roo. Para el estado de Yucatán el panorama es distinto ya que las selvas han sido más explotadas (Serio-Silva *et al.*, 2001). Tomando como referencia dicho marco, el interés de este proyecto se centra en estudiar las condiciones existentes en las poblaciones de los primates silvestres que habitan en el estado de Quintana Roo a partir de técnicas indirectas como lo es la medición de cortisol como indicador de estrés a partir de la colecta de heces provenientes de monos araña.

En el presente estudio se pretende entablar una comparación de los niveles de cortisol como indicadores de estrés en monos araña (*Ateles geoffroyi yucatanensis*) que se encuentren bajo diferentes condiciones ambientales en el estado de Quintana Roo, para ello se muestrearon individuos de vida silvestre en zonas conservadas, zonas fragmentadas y en cautiverio (monos que funjan como mascotas y formen parte de colecciones zoológicas). Se espera que las diferencias en los niveles de cortisol en *Ateles geoffroyi yucatanensis* respondan al estado de conservación del hábitat, ya que

los animales que se encuentren en sitios fragmentados se ven continuamente obligados a enfrentar cambios en su entorno físico y social, al igual que los individuos cautivos.

III . OBJETIVOS

A) GENERAL:

Determinar los niveles de cortisol encontrados en heces de mono araña (*Ateles geoffroyi yucatanensis*) ubicados en diferentes condiciones de conservación del hábitat en la península de Yucatán, México.

B) ESPECÍFICOS:

-Identificar si *Ateles geoffroyi yucatanensis* presenta en heces el metabolito de cortisol.

-Conocer si hay diferencias en los niveles de cortisol entre grupos de animales que se encuentran en diferentes tipos de hábitat.

IV. HIPÓTESIS

Las diferencias en los niveles de cortisol en *Ateles geoffroyi yucatanensis* serán consecuencia del estado de conservación del hábitat.

Si se presentaran estas diferencias podríamos esperar que en un hábitat fragmentado los niveles de cortisol fueran más elevados que los correspondientes a los de los monos que se encuentran en hábitat conservado, así como que los animales en cautiverio registraran niveles de cortisol aún más altos que los que viven en áreas fragmentadas. Finalmente si se establecieran diferencias entre los individuos de *Ateles geoffroyi yucatanensis* que están cautivos como mascotas y los que se encuentran en zoológicos, estos últimos presentarían niveles de cortisol más elevados que los primeros.

V. MÉTODO

A) TRABAJO DE CAMPO

1. Sujetos de estudio

En este trabajo sólo se estudian los animales encontrados en la Península de Yucatán tanto en vida libre como en cautiverio. Esto para tratar de tener una mayor probabilidad de que todos sean de la subespecie de *Ateles geoffroyi yucatanensis*. Las muestras fueron colectadas de abril a diciembre de 2001. Se muestrearon en total 121 individuos, de las cuales 58 muestras pertenecen a animales de vida libre en hábitat conservado (Figura 1), 33 en fragmentado (Figura 2), 26 a animales cautivos en zoológicos (Figura 3) y cuatro a individuos cautivos como mascotas (Figuras 4 y 5).



Figura 1. Mono araña en vida libre. Petcacab, Quintana Roo. Hábitat conservado.



Figura 2. Mono araña en vida libre. Jardín Botánico. Quintana Roo. Hábitat fragmentado.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Figura 3. Mono araña en cautiverio, Zoológico "Centenario", Yucatán.



Figura 4. Mono araña mascota 1, *Ak Tun Chen*. Quintana Roo.



Figura 5. Mono araña mascota 2, *Ak Tun Chen*. Quintana Roo.

2. Sitios de estudio.

Para cumplir los objetivos del presente estudio se decidió seleccionar individuos que se ubican en cuatro diferentes condiciones de hábitat: conservado, fragmentado (silvestres) en zoológicos y como mascota (cautiverio). Se eligieron dos localidades de cada tipo de hábitat, excepto en el caso de las mascotas. Para el caso de las localidades de vida silvestre la selección se hizo con base a la distancia en que se encontraban los asentamientos humanos o perturbaciones causadas por éstos, de las poblaciones de primates (Tabla 1).

En total se visitaron cuatro sitios correspondientes a la categoría de silvestres; dos de estos conservados y dos fragmentados (Figura 7).

Como conservados se incluyeron localidades con grandes extensiones de selva sin perturbar donde no se encuentran asentamientos humanos a menos de un kilómetro de donde se encuentran los primates, ni carreteras o caminos que dividan la selva (Tabla 1). Los sitios correspondientes a la categoría de hábitat conservado, fueron la localidad de Petcacab localizada en el municipio de Felipe Carrillo Puerto ($19^{\circ} 17'N$ y $88^{\circ} 13'O$) y la localidad de Tres Garantías, perteneciente al municipio de Chetumal (18°

12' N y 89° 00' O). Estas zonas se caracterizan por tener un clima tropical cálido subhúmedo con lluvias en verano.

Los sitios fragmentados contemplan localidades que aunque puedan mantener poblaciones de monos, las extensiones de selva no incluyen grandes superficies, (menos de 200 hectáreas) con clara presencia de núcleos de comunidades humanas y animales domésticos cercanos a estos lugares; asimismo, estos sitios tienen típicamente caminos que son comúnmente transitados por personas y vehículos y que en algunos lugares dividen los parches de selva. En estos casos se encontraron poblaciones de primates a menos de un kilómetro de los asentamientos humanos (Tabla 1). Estas localidades también tienen la característica de que son frecuentemente visitadas por turistas. Los sitios correspondientes a la categoría de hábitat fragmentado fueron la localidad de Punta Laguna (20° 38' N y 87° 40' O), y el Jardín Botánico de Puerto Morelos (20° 50' N y 86° 50' O). Estas zonas se distinguen por tener un clima tropical cálido subhúmedo con lluvias en verano.

El modelo de Mac Arthur-Wilson predice que remanentes pequeños de bosque soportarán pequeñas poblaciones y menos especies que remanentes más grandes (Bierregaard *et al.*, 1992). La definición de hábitat se refiere a cualquier parte de la biosfera donde una o varias especies particulares pueden vivir ya sea de manera temporal o permanente, de forma que la fragmentación del hábitat implica una pérdida o reducción del tamaño del parche que se habita, así como un incremento en la distancia entre parches (Krebs, 1994; Andrén, 1994).

Como mascotas se tomaron en cuenta animales que habitan en espacios domésticos de la Península de Yucatán, que tienen trato continuo y directo con seres humanos. Para esta categoría se recurrió a cuatro sitios, ya que su presencia se registra a nivel individual.

Respecto al cautiverio en zoológicos, se estudiaron a animales en "El Centenario" en Yucatán y del Zoológico de Chetumal en Quintana Roo, y animales que se encuentran en el parque Ak Tun Chen. Todos ellos viven en jaulas de no más de 200m², con árboles pequeños.

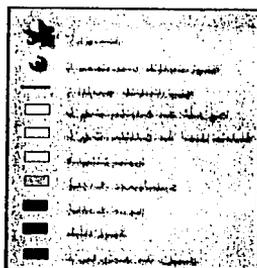
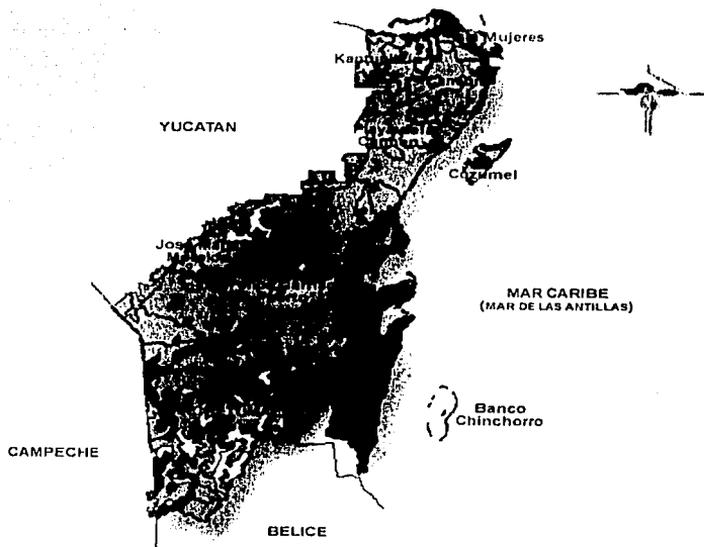
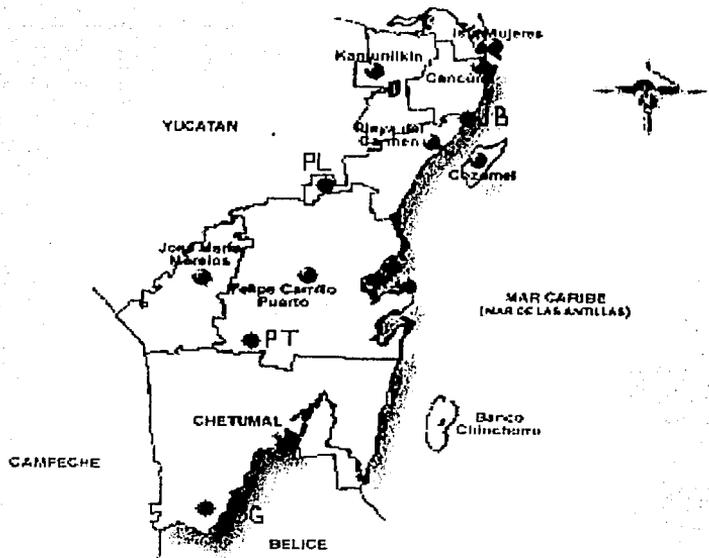


Figura 6.- Mapa del estado de Quintana Roo, con cabeceras municipales y tipo de vegetación. Fuente.- INEGI. 2000

TEJIS C. N.
FALLA DE ORIGEN



PL= Punta Laguna
 JB= Jardín Botánico
 PT= Petcacab
 3G= Tres Garantías

● Zonas de estudio
 ● Cabecera municipal
 ■ Capital

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Figura 7.- Localización de sitios de estudio en Quintana Roo, México.

Fuente.- INEGI. 2000

Sitios de muestreo:

Tabla 1.- Descripción de la ubicación geográfica y el número de muestras colectadas por localidad para la medición de cortisol en heces de *Ateles geoffroyi yucatanensis*.

Sitio	Condición de Hábitat	Localización	Población más cercana	Cabecera municipal	Distancia entre poblaciones humanas y localización de primates	número de muestras
Petcacab	Vida libre	19° 17' N	Petcacab	Felipe Carrillo Puerto	Más de 20Km	36
Reserva del Muchucux	Conservado	88° 13' O				
3 Garantías	Vida libre	18° 12' N	Tres Garantías	Chetumal	Más de 20Km	22
La Fauna	Conservado	89° 00' O				
Jardín Botánico Pto Morelos	Vida libre	20° 50' N	Puerto Morelos	Playa del Carmen	Menos de 1Km	17
	Fragmentado	86° 50' O				
Punta Laguna	Vida libre	20° 38' N	Punta Laguna	Playa del Carmen	Menos de 1Km	16
	Fragmentado	87° 38' O				
Centenario	Cautiverio en	20° 55' N	Mérida	Mérida	Nula	20
	Zoológicos	89° 40' O				
Chetumal	Cautiverio en zoológicos	18° 30' N	Chetumal	Chetumal	Nula	3
		88° 18' O				
Ak-Tun Chen	Cautiverio en zoológicos	21° 30' N	Akumal	Playa del Carmen	Nula	3
		88° 20' O				
Puerto Morelos	Mascotas	20° 50' N	Puerto Morelos	Playa del Carmen	Nula	1
		86° 50' O				
Petcacab	Mascotas	19° 17' N	Petcacab	Felipe Carrillo Puerto	Nula	1
		88° 13' O				
Ak- Tun Chen	Mascotas	21° 30' N	Akumal	Playa del Carmen	Nula	1
		88° 20' O				
Carrillo Puerto	Mascotas	19° 35' N	Carrillo Puerto	Felipe Carrillo Puerto	Nula	1
		88° 03' O				

3. Colecta de material.

Las muestras de heces fueron colectadas directamente del suelo y plantas en donde cayeron después de su inmediata deposición por los monos araña. Fueron tomadas con una espátula evitando tocarlas con la mano para no contaminarlas y se colocaron en bolsas *ziploc*, con un cierre completamente hermético. Fueron muestreados todos los individuos adultos posibles, sin importar el sexo. Cuando se encontró una muestra fresca aunque no se hubiera visto el momento de la deposición también se colectó. No existe la posibilidad de confundir las muestras con las provenientes de animales de diferentes especies, ya que estas son muy características y sólo se podrían confundir con las de otros monos, por lo tanto en las localidades donde los monos araña comparten hábitat con monos saraguatos únicamente se muestreo cuando se vio el momento de la deposición.

Para cada muestra colectada se llenó una ficha de registro incluyendo la información pertinente (Tabla 2).

Tabla 2.- Ficha de colecta de muestras de heces de mono araña utilizada en campo para identificación de cada muestra.

No. de la muestra:	Observaciones:	
Localidad:		
Fecha :		
Hora:		
Estado de la selva	Conservado	Fragmentado
Presencia de asentamientos humanos cercanos	Mayor de 1km	Menor de 1km
Tipo del cautiverio	Mascotas	Zoológico
Zoológico	Enriquecimiento	Sin enriquecimiento
Conservación	En hielo seco	En congelación

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

4. Preservación del material de colecta.

Durante las colectas de campo las muestras colectadas se preservaron en hielo seco (sin contacto directo) las cuales se mantuvieron a -20° C aproximadamente. Como un procedimiento alternativo se utilizó la mezcla de hielo de agua mezclado con acetona (por no más de un día), para lograr una temperatura de -4° C y después se mantuvieron en congelación a -4° C.

La evaluación de las muestras se realizó en el laboratorio de Fisiología del CINVESTAV Zacatenco, del Instituto Politécnico Nacional, México D. F. Una vez que las heces se trasladaron al laboratorio, se homogenizaron y se depositaron en tubos de plástico rotulados con los datos de cada una de las muestras y nuevamente se congelaron a -20° C hasta empezar el proceso de secado.

Las muestras se secaron en un *speed vac* (Speed vac Rotatory Evaporator., Savant Instruments Inc., Farmingdale, NY, USA.) ente 15 y 38 horas para la posterior extracción de esteroides.

B) TRABAJO DE LABORATORIO.

1. Extracción del metabolito de cortisol.

Se pesaron 0.2 gr. de cada muestra de heces secas y pulverizadas. Todas debían estar limpias de restos de material vegetal. Esas muestras se colocaron en tubos de 16 x 125mm., con tapa de rosca, enjuagados previamente con etanol y perfectamente secos. Cada tubo fue rotulado con el número de la muestra, además de contener datos relacionados con el peso y observaciones especiales de cada muestra.

A cada muestra se le añadió un ml. de agua destilada y cuatro ml. de etanol absoluto. Se mezcló por un minuto en un *vortex*; se marcó el nivel del líquido con tinta indeleble en cada tubo. Se hirvieron los tubos a baño María de 93° C a 100° C durante 20 minutos, sin permitir que se secaran, añadiéndoles etanol hasta la marca conforme se consumía. Se centrifugaron las muestras a 1500 rpm. durante 20 minutos; para finalmente decantar los extractos en otro juego de tubos previamente identificados. Los

tubos con los extractos se secaron con aire a presión, a baño María a 36° C, hasta que la muestra quedó completamente seca con el extractor prendido y la campana cerrada (de dos a cinco horas). Una vez evaporadas las muestras se les añadió un ml. de etanol y se agitaron en el vortex durante un minuto para después dejarlas reposar durante 30 minutos. Consumado lo anterior se centrifugaron a 1500 rpm. durante 20 minutos. Por último se decantaron en tubos RIA previamente rotulados y se le añadió a cada muestra dos ml. de Buffer RIA diluido (BRD) (Apéndice 1); se taparon y se aseguraron con *parafilm*. Para mantenerlos en congelación a -20° C hasta el día del ensayo.

2. Radioinmunoanálisis.

Se utilizó el anticuerpo *Rabbit antiserum 3-CMO de Chemicon International Inc*, diluido de la siguiente manera: se hicieron 50 alícuotas de 20 µl. cada una, procurando que no se formaran burbujas. A una de esas alícuotas se le agregaron 600 µl. de PBS (Apéndice 2) y se hicieron alícuotas de 50 µl.; con una de esas se hizo la titulación del anticuerpo para saber qué dilución se utilizaría para correr el RIA, obteniendo resultados de unión total entre el 35 y el 50%; una vez obtenido, se realizó el protocolo de RIA (Apéndice 5) para todas las muestras obtenidas en campo, en zoológicos, y con individuos mascota. El buffer RIA estaba a temperatura ambiente; el anticuerpo que se utilizó fue: *Rabbit antiserum 3-CMO de Chemicon International Inc*.

Para detener el RIA de 18 a 24 horas después de haber realizado la curva estándar y haber adicionado la marca, el anticuerpo y las muestras, se puso a enfriar la centrifuga a 4° C. se agregaron 500 µl. de carbón activado (Apéndice 3) a cada tubo excepto a los tubos correspondientes a las cuentas totales; después se agitó cada tubo en el vortex por 10 segundos, se colocaron en las gradillas de centrifugación y se dejaron reposar por 10 minutos a 4° C; a continuación se centrifugaron durante 15 minutos a 3000 rpm. Al terminar se decantó el sobrenadante en un vial, se agregaron cinco ml. de líquido de centelleo (Apéndice 4), se taparon y se realizó el conteo en el contador de centelleo *Beckman LS 6000 TA* o en su caso, en un contador de centelleo *Tri -carb 2000 CA Liquid Scintillation Analyzer United Technologies Packard*, para radiaciones Beta, durante un minuto cada vial para obtener las cuentas por minuto.

Para la extracción de las muestras de suero para RIA con tritio utilizadas a fin de validar la técnica y poder compararlas con las concentraciones en heces, se siguió el siguiente método: se colocó un ml. de muestra de suero sanguíneo en un tubo cónico con tapón esmerilado; se agregaron cinco ml. de éter anhidro frío; se taparon y se agitaron durante un minuto cada uno en el vortex. A continuación se colocaron en una gradilla (aproximadamente 30 minutos) hasta que se separaron las fases etérea y acuosa; el tubo se metió en una mezcla de acetona con hielo seco a -70°C durante 15 minutos, hasta que se congeló la fase acuosa, se decantó la fase etérea (donde van los metabolitos) a otro tubo cónico con tapa esmerilada, se colocaron a baño María a 37°C hasta la evaporación completa del éter, y se congeló el tubo. Para realizar el RIA se adicionaron 500 μl . de buffer RIA diluidos y se agitó en el vortex durante un minuto cada tubo.

Para los sueros que se usaron para correr el RIA con I 125, se utilizaron 20 μl . de muestra, teniendo tubos para cuentas totales, unión específica, unión total, control interno y control externo, en un RIA de Kit comercial específico para cortisol. Al finalizar, se decantó el contenido de todos los tubos, excepto del uno y del dos que son las cuentas totales; se secaron los tubos en papel absorbente; se agregó un ml. de agua bidestilada, desionizada a cada tubo excepto al uno y al dos; se decantó el agua, y se secaron los tubos en papel absorbente; se taparon y se contaron en un contador *cobra II Gama counting System.*; *A Packard Instruments Company, Canberra.*

3. Análisis de datos.

Una vez obtenidas las cuentas por minuto (*cpm*) en un contador de centelleo *Beckman*, se promediaron los duplicados de cada muestra y se obtuvo el porcentaje de unión al anticuerpo de los promedios mediante la siguiente fórmula:

$$\%B/B_0 = \frac{X \text{ cpm muestra} - X \text{ cpm (UI)}}{X \text{ cpm muestra (UT)} - X \text{ cpm (UI)}}$$

$\%B/B_0$ = Porcentaje de unión al anticuerpo

UI = Unión Inespecífica

UT = Unión Total

Con los datos de la concentración y porcentaje de unión que debe estar entre el 35 y el 50% de los estándares se construyó la curva estándar para obtener la regresión lineal y, posteriormente, las concentraciones de hormonas para cada una de las muestras. Estos datos fueron obtenidos mediante un programa estadístico RIA *logit*. Una vez obtenidos los datos se ajustaron a las diluciones que variaban dependiendo de las concentraciones de las muestras y se dividieron por el peso de cada muestra para obtener los datos en nanogramos de heces secas.

Las pruebas previas para poder llevar a cabo el RIA dieron como resultado que era factible trabajar con anticuerpos con 95% de reacción cruzada con cortisol, y las diluciones de las muestras dependieron de las concentraciones, variando desde muestras diluidas 1:100 hasta muestras sin diluir. Todos los ensayos entraron dentro de los parámetros aceptables de control de calidad de RIA.

Para el análisis de datos, debido a la disparidad en cuanto al número de muestras y de valores dentro de cada tipo de hábitat, encontramos limitaciones estadísticas relacionadas con la normalidad de los datos y la igualdad de varianzas; debido a esto se aplicó la prueba de Mann-Whitney y la prueba de "T"

pareada que permite valorar si existen diferencias significativas entre dos grupos de datos.

VI. RESULTADOS

A) VALIDACIÓN DE LA TÉCNICA

Se utilizaron dos individuos (hembra y macho para la validación de la técnica con heces, después de un estímulo estresante, que consistió en la captura, toma de muestra de suero y aislamiento de los sujetos de estudio (Figura 9). La hormona llega a su tope cuando más rápido a las siete u ocho horas después del estímulo estresante (Figura 8).

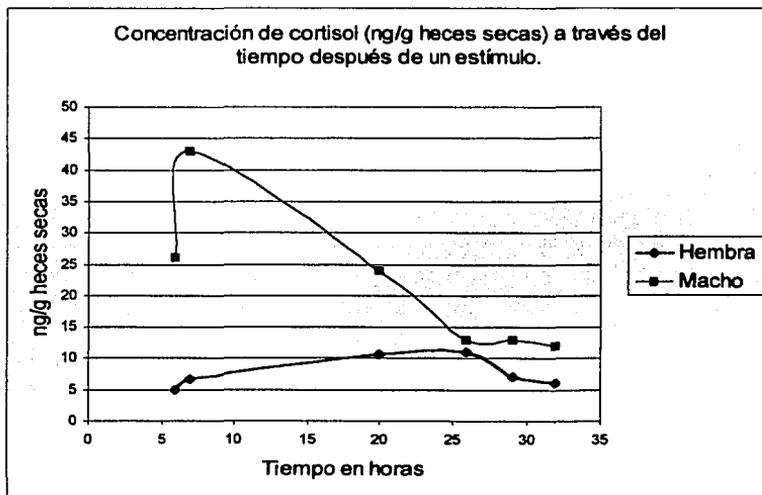


Figura 8.- Diferencias en las concentraciones de cortisol fecal encontradas en dos individuos de diferente sexo después de un estímulo estresante.

En este estudio en las pruebas para la validación de la técnica queda claro que la medición de cortisol en muestras de heces es muy confiable, ya que refleja una respuesta a un estímulo de estrés de diferente intensidad en la hembra y en el macho (Figura 8), en el entendido de que generalmente el organismo responde al estrés a través de un aumento en la actividad adrenal que eleva los niveles sanguíneos de cortisol (Fried., 1991). Esto es lo que aparentemente está sucediendo con los animales de muestreo, que como respuesta al estímulo empiezan a aumentar sus niveles de cortisol a diferentes velocidades y con distinta intensidad, proceso más acentuado en el macho.

Paralelamente, podemos observar en la gráfica que los niveles de cortisol alcanzados van descendiendo paulatinamente y esto se debe al síndrome de adaptación general. En la figura 8 podemos observar dos de estas etapas: la fase de alarma, cuando aumentan los niveles de cortisol y posteriormente la de adaptación, que se muestra en el inicio del descenso en los niveles de cortisol; en el caso del macho se nota que los niveles descienden incluso más que los niveles iniciales. Esta prueba fue muy útil para asegurar que al momento de tomar las muestras de animales en hábitat conservado y fragmentado, el investigador no representara un factor de estrés para los animales, ya que el pico efecto de un estímulo estresante se obtiene en esta especie de las 8 a las 24 horas, y nunca se siguió a un mismo grupo por más de dos horas.



Figura 9. Manejo del muestreo para toma de suero usado en la validación de la técnica.

B) COMPARACIÓN DE LAS DIFERENTES CONDICIONES DE HÁBITAT

Tabla 3. Estadística descriptiva de los datos de niveles de cortisol en monos araña (*Ateles geoffroy yucatanensis*) en diferentes condiciones de hábitat.

	N	Promedio (Ng/g)	Desviación estándar	Error estándar
Conservado	58	1033.2	1283	168.5
Fragmentado	33	1512.0	1328	231.3
Zoológico	26	1476.5	1286	252.2
Mascotas	4	3403.4	1511	755.8
	25%	75%	Mínimo	Máximo
Conservado	50	1727.8	0.49	5860.27
Fragmentado	1070.2	2014.7	1.23	7140.00
Zoológico	990.5	3026.2	132.22	4306.93
Mascotas	2058.1	3824.1	747.12	4210.55

Al analizar la tabla 3, se puede notar que existen grandes diferencias entre los datos concernientes al mínimo y al máximo encontrados en animales que viven en hábitat conservado y fragmentado, mientras que las diferencias son menores tanto en animales

mascoas como en los provenientes de zoológicos. Estas diferencias son igualmente marcadas en los datos que corresponden al 25% y al 75%.

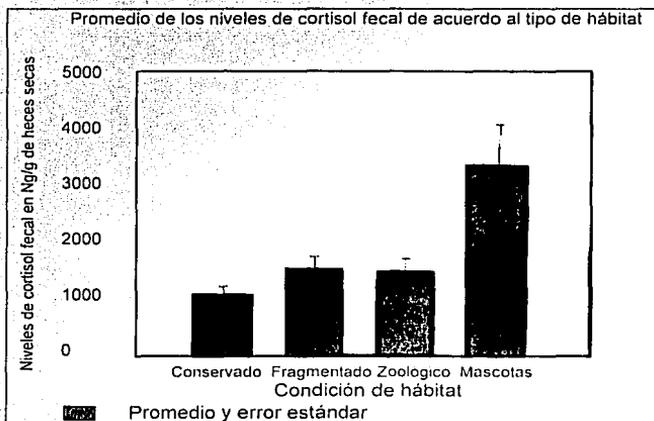


Figura 10.- Promedio y error estándar de los niveles de cortisol fecal en diferentes condiciones de hábitat.

Al aplicar una prueba de *Mann-Whitney* se encontró que existe significativamente un mayor nivel de cortisol en las muestras que provienen de animales en hábitat fragmentado que en las de hábitat conservado con una $P < 0.013$ (Figura 10). Se encontró que existe significativamente un mayor nivel de cortisol en las muestras que provienen de animales que se encuentran en zoológicos que en las provenientes de individuos en hábitat conservado con una $P < 0.010$ y se halló también que existe significativamente un mayor nivel de cortisol en las muestras que provienen de animales mascota que en las de origen conservado con una $P < 0.046$ (Figura 10). Por otro lado se observó que no existen diferencias significativas entre los niveles de cortisol de las muestras que provienen de hábitat fragmentado y las de animales que viven en zoológicos; tampoco existe una diferencia significativa entre las muestras de animales de hábitat fragmentado y las que son mascotas ni en las que provienen de zoológicos

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

con las de animales mascota. Lo anterior significa que las únicas diferencias significativas fueron las encontradas entre los animales en vida libre en hábitat conservado -que son los que registran los niveles más bajos de cortisol- contra todos los demás. Para comparar los datos que provienen de mascotas se utilizó también una prueba de "T" pareada además de la prueba de *Mann-Whitney*, ambas indican que no hay diferencias significativas entre los niveles de cortisol de los dos grupos.

En la figura 11 se nota que si graficamos cada localidad por separado, encontramos que los niveles de cortisol más bajos corresponden a los animales que pertenecen a sitios conservados, y a continuación se encuentran los niveles de cortisol de animales provenientes de sitios fragmentados o de zoológicos, siendo los niveles más altos los encontrados en animales mascota.

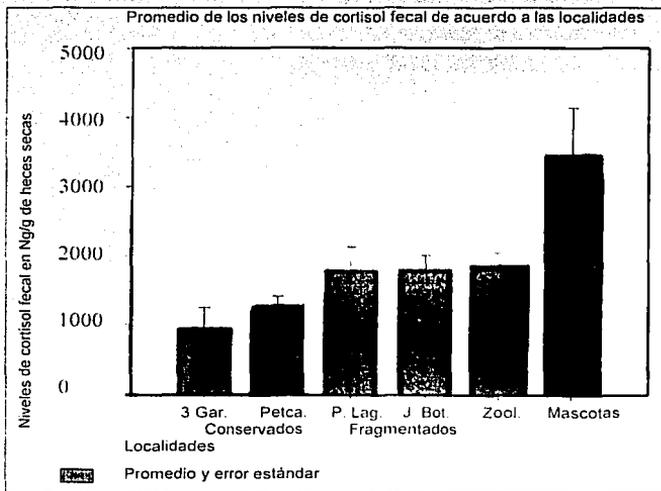


Figura 11. Promedio y error estándar de los niveles de cortisol fecal en las diferentes localidades.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

VII. DISCUSIÓN

Las determinaciones de cortisol se han usado ampliamente para valorar la función adrenocórtica en relación con el estrés. El muestreo del suero o plasma sanguíneo en las mediciones hormonales constituye un método invasivo para obtener la muestra y, por ende, está asociado directamente con el sometimiento a cierto grado de estrés a los animales; además de que puede enmascarar los resultados. Por ello se hace necesaria la aplicación de otro tipo de métodos para obtener muestras para analizar.

A) VALIDACIÓN DE LA TÉCNICA

En este estudio las pruebas para la validación de la técnica ponen de manifiesto que la medición de cortisol en muestras de heces es muy confiable; refleja una respuesta a un estímulo de estrés de diferente intensidad en la hembra y en el macho (Figura 8), en el entendido de que generalmente el organismo responde al estrés a través de un aumento en la actividad adrenal que eleva los niveles sanguíneos de cortisol (Fried, 1991). Esto es lo que aparentemente está sucediendo con el macho utilizado para el muestreo que, como respuesta al estímulo, empieza a aumentar sus niveles de cortisol; el hecho de que este proceso esté más acentuado en el macho se puede deber a que la hembra pudiera estar más acostumbrada al manejo que el macho; éste, efectivamente, presenta niveles más altos, pues su captura y anestesia implicaron más tiempo debido a que el animal estaba agresivo y se movía constantemente, lo que condicionó un manejo más lento y traumático que se reflejó en los niveles de cortisol que alcanzó. Esta prueba también nos sirve para comprobar que el manejo para toma de muestras sanguíneas no sólo es un método invasivo, sino que resulta ser un factor estresante por sí sólo.

Paralelamente, podemos observar en la figura 8 que los niveles de cortisol alcanzados por el macho van descendiendo paulatinamente conforme a las fases del síndrome de adaptación general: en la etapa de alarma, se observó una respuesta rápida; el macho tardó un total de ocho horas en alcanzar el máximo nivel. Para la fase de compensación o adaptación, donde el organismo se empieza a adecuar a las condiciones causantes de estrés, el macho requirió 17 horas; los niveles del macho en

esta fase descienden incluso más que los niveles de cortisol iniciales, lo cual se puede deber a que el sujeto acababa de defecar antes del estímulo, por lo que la primera muestra del estudio marcaba ya el inicio de la respuesta ante el mismo. Esta prueba fue muy útil para asegurar que al momento de tomar las muestras en los hábitat conservado y fragmentado, el investigador no representó un factor de estrés para los animales, ya que el pico, efecto del estímulo estresante, se obtiene cuando más rápido en esta especie a las ocho horas, y nunca se siguió a un mismo grupo por más de dos horas. Finalmente, conviene anotar que estos animales no llegaron a la tercera fase, que consiste en el agotamiento del eje HHA, o estrés crónico, ya que la hembra bajó sus niveles al punto que tenía al inicio del experimento, y el macho, según vimos, descendió más respecto a su condición inicial.

B) ANIMALES EN VIDA LIBRE

En el muestreo de heces fecales de animales en vida libre quedaron muchas variables sin controlar, ya que se desconocía completamente si los animales se habían encontrado bajo otro estímulo natural, como pudiera ser algún depredador que les causara estrés durante las últimas 24 horas, lo que resulta poco probable en animales arborícolas de este tamaño; sin embargo se consideró que de ser así, se trata de las condiciones bajo las cuales ellos viven normalmente. Dentro de los resultados del estudio, es importante mencionar que fue posible obtener los primeros valores reportados de cortisol fecal como indicadores de estrés en monos araña silvestres.

Si asumimos la concepción de estrés que lo define como la parte del nivel de bienestar negativo que involucra el fracaso para poder enfrentar los cambios del ambiente (Brousset *et al.*, 2001), nos queda muy claro que en un hábitat fragmentado los individuos se ven constantemente obligados a adaptarse a los cambios de su ambiente. Lo anterior podría deberse a que la propia fragmentación del hábitat les dificulta la posibilidad de encontrar alimento; es probable que las cadenas tróficas hayan perdido su integridad funcional en este tipo de hábitat, debido a que la riqueza de especies disminuye con el área del hábitat cuando éste, previamente continuo, se

encuentra fragmentado (Begon, 1999). Además de que los animales necesitan moverse libremente para satisfacer sus necesidades.

La fragmentación implica la pérdida del hábitat, la reducción del tamaño del parche y el incremento en la distancia entre parches (Andrén, 1994). Este mismo factor actúa negativamente sobre las poblaciones de monos. Cuando el medio se encuentra segmentado, los animales se ven imposibilitados para desplazarse a lo largo de su rango habitacional normal, por lo que es probable que el individuo se encuentre luchando constantemente por adaptarse a estas condiciones, y el hecho de que los niveles de cortisol sean más altos en hábitat fragmentado nos puede indicar que los monos araña están fracasando en el proceso de adaptarse a las perturbaciones que va sufriendo su hábitat (Brousset *et al.*, 2001).

El hecho de que sus niveles de cortisol se encuentren más elevados en este tipo de zonas nos indica que se encuentran más propensos al ataque de parásitos y a presentar diversas enfermedades ya que su sistema inmune está debilitado; por lo mismo son individuos más débiles y por tanto, corren mayor riesgo.

La participación de los monos araña en diversos enlaces y procesos ecológicos de las selvas promueven la sustentabilidad del ecosistema y sin los primates se corre un gran riesgo de perder la capacidad de autorregulación y autorecuperación de estos ambientes (Estrada *et al.*, 1993). Por lo expuesto anteriormente resulta de vital importancia promover planes de manejo para esta especie, de tal manera que se incrementen sus probabilidades de sobrevivencia y para eso sería necesario detener el proceso de fragmentación que están sufriendo los bosques tropicales de la Península de Yucatán. Como el proceso de fragmentación está sumamente avanzado en la zona de estudio, sería conveniente implementar la creación de corredores ecológicos con el fin de unir diversos manchones de selva, lo que implicaría aumentar el área utilizable por los monos araña y recolonizar manchones en donde alguna vez se hubiera encontrado esta especie y después, desaparecido. Finalmente estos corredores pueden incrementar la tasa de dispersión para las poblaciones que de forma natural están sufriendo altas tasas de extinción local y aumentar las posibilidades de encontrar

alimento por parte de los monos araña. Ya que se ha determinado que la viabilidad de las poblaciones de primates en los parches de vegetación depende del tamaño del área, del grado de aislamiento y del tiempo acumulado desde el inicio del proceso de fragmentación; las poblaciones de primates tendrán más posibilidades de sobrevivir en manchones de gran tamaño, aislados recientemente y que se encuentren a corta distancia de otros parches (Cowlshaw y Dunbar, 2000).

C) ANIMALES EN CAUTIVERIO

En cautiverio, la vida de un animal se ve afectada por factores físicos y biológicos, como restricciones de espacio, el traslado a un ambiente desconocido, algún cambio en la rutina de manejo, tensión social o aislamiento, la presencia de otras especies incluyendo a los humanos y la disponibilidad del estímulo apropiado para el desarrollo y la expresión de los comportamientos naturales. Estos factores tienen diferentes grados de influencia sobre el comportamiento, ya sea a niveles genéticos, en el desarrollo del mismo o en la psicología de los animales cautivos (Carlstead 1996).

Si las condiciones del entorno se mantienen sin variación, el comportamiento, el bienestar psicológico y la salud de un animal se verán afectados al presentarse una disminución en el comportamiento exploratorio o al incrementarse de manera antinatural los intentos del animal por obtener alguna clase de estimulación (Carlstead, 1996; Poole, 1998 y Newberry, 1995).

Esto, sumado a que los monos araña son gregarios; que generalmente se agrupan de 10 a 25 individuos adultos, de ambos sexos, que se dividen en subgrupos de dos a cinco adultos; se mueven y se alimentan juntos, lo que en un albergue de zoológicos es imposible, ya que no hay la posibilidad de dividir al grupo, como ocurriría en vida libre donde a lo largo del día puede cambiar la composición de los subgrupos varias veces, y al llegar la noche los monos forman grupos más grandes para dormir (Chapman *et al.*, 1993). En esta especie son las hembras las que emigran a otros núcleos cuando son subadultas y en un zoológico eso sería imposible; por otra parte, así como hay individuos que se encuentran solos en un albergue, a pesar de ser

gregarios, hay otros individuos que están en un exhibidor de 9m² con otros tres o cuatro del mismo sexo, y también podemos encontrar en un solo exhibidor más de 17 individuos incluyendo machos y hembras adultos, juveniles y crías. Todo esto les puede causar problemas para enfrentar los cambios de su ambiente, lo que se ve reflejado en el hecho de que presenten niveles de cortisol más elevados que los que registran los animales que viven en hábitat conservado. Por todo lo mencionado anteriormente se propone definir un calendario de enriquecimiento tanto ambiental como alimenticio, ya que como encontró Galindo (2000), los niveles de cortisol fecal en chimpancés disminuyeron considerablemente después de un buen programa que incluía diferentes tipos de enriquecimiento animal. Esto hace pensar que si se establecen programas de enriquecimiento en los zoológicos estudiados, los niveles de cortisol podrían disminuir considerablemente.

Con la finalidad de mantener en las mejores condiciones posibles a los animales que componen sus colecciones y poder cumplir con los objetivos de reproducción, investigación y educación al público, los zoológicos deben de ser capaces de confinar a los animales dentro de un ambiente natural o naturalista, sin signos o comportamientos que los muestren estresados o bajo tensión (Seidensticker y Doherty, 1996). Estos cambios han dado lugar a la creación del término de enriquecimiento del comportamiento, que se define como el mejoramiento en las funciones biológicas de los animales en cautiverio, al presentar comportamientos apropiados o naturales, como resultado de modificaciones en su entorno. El enriquecimiento del comportamiento debe proveer un medio ambiente complejo y diverso que incremente la posibilidad de que el propio comportamiento del animal cautivo pueda cumplir con sus necesidades, lo que es esencial para su bienestar psicológico y para la presentación de comportamientos ecológicamente válidos (Poole, 1998). Un buen ejemplo lo tenemos en el caso de los comportamientos orientados hacia la búsqueda de alimento, que en la naturaleza se considera como una tarea que consume mucho tiempo y energía, mientras que en cautiverio, el alimento se proporciona de manera rutinaria y listo para ser consumido. Si se pueden crear las condiciones en las que un animal cautivo tenga que esforzarse

para encontrar su comida, como consecuencia de un comportamiento de exploración natural, se cumplirá una función natural y, por lo tanto, se producirá bienestar.

El implementar mejoras en la calidad del espacio dentro del cual vive un animal, es la mejor opción para evitar estrés y la aparición de comportamientos anormales. Esta mayor calidad se puede ofrecer al incrementar la complejidad del albergue cambiando frecuentemente sus estructuras internas y su contenido, para evitar habituación (McCune, 1995), ofreciendo áreas verticales o más elevadas (Maple, 1996), y considerando no sólo el ambiente interno, sino también el área que rodea al animal y que todavía está dentro de su rango sensorial (Maple, 1996). Realmente no es necesario que el entorno en cautiverio se parezca al medio silvestre; lo que importa es el tipo y naturaleza de los retos u objetivos a cumplir (Poole, 1998). El incremento en los estímulos que reciben los animales en cautiverio por medio de las diferentes estrategias de enriquecimiento del comportamiento, tiene un efecto positivo en la disminución o erradicación de conductas indeseadas, y aún puede tener un efecto de mejora parcial sobre las deficiencias provocadas por el crecimiento en un medio ambiente pobre (Carlstead, 1996). Finalmente, es necesario mencionar que aunque ciertos comportamientos que se muestran en cautiverio puedan parecer dañinos, son en realidad adaptaciones del individuo a su ambiente, por lo que primero es necesaria una evaluación para cuantificar los costos y beneficios que conlleva el efectuarlos, antes de concluir que no existe bienestar; asimismo es necesario establecer acciones de enriquecimiento del comportamiento para que dejen de presentarse las conductas patológicas (Newberry, 1995).

La conservación de especies animales en peligro de extinción, o amenazadas, es uno de los objetivos primordiales de un zoológico moderno. El cautiverio impone a los animales un medio ambiente sumamente diferente del hábitat al que pertenecen, situación que generalmente provoca estrés.

A diferencia de los individuos silvestres, los animales en cautiverio tienen una capacidad limitada para alterar los estímulos externos a los que son expuestos; en vida

libre serían capaces de controlar la cantidad de estímulos que reciben al realizar comportamientos regulatorios, como son el aproximarse, explorar, atacar, perseguir, escapar o esconderse y continuar realizándolos hasta que la estimulación se encuentre en un nivel aceptable, o cuando se cumplan sus expectativas, como sucede si se busca controlar el microclima moviéndose de la sombra hacia el sol, o si están en búsqueda de comida, refugio o pareja. Por esta razón, los zoológicos son criticados comúnmente por mantener a los animales "prisioneros" y por negarles la oportunidad de poder expresar sus patrones de conducta naturales (Carlstead, 1996 y Poole, 1998).

Bajo condiciones de estrés, para determinar el grado de bienestar (que va de bueno a malo), es necesario identificar y cuantificar un amplio rango de variables a corto y a largo plazo (Broom, 1993 y Huntingford, 1984). Dentro de las primeras, se puede considerar si el individuo es confiado, se mueve sin mostrar miedo y si es capaz de descansar de manera relajada sin signos constantes de vigilancia (Carlstead, 1998), mientras que a largo plazo, se examinan aquéllas que disminuyen las condiciones individuales de buena salud y por lo tanto, afectan la reproducción y la expectativa de vida, variables fisiológicas que incluyen cambios en la función cardiovascular y en los parámetros sanguíneos, con un cierto grado de inmunosupresión y, por lo tanto, mayor incidencia de enfermedad (Broom, 1993; Lyles, 1993 y Huntingford, 1984). Finalmente es importante la determinación de los niveles de hormonas adrenales y mediciones de la conducta, al observar comportamientos anormales como agresión excesiva, estereotipias, apatía e indiferencia (Broom, 1993).

Los cambios hormonales que ocurren en un individuo bajo estrés, dependen de una experiencia emocional subjetiva, por lo que animales de la misma especie, sexo y edad, pueden diferir en sus respuestas a un mismo estímulo ambiental (Wingfield, 1997).

De la misma manera podemos entender el fracaso de los individuos para sobrellevar los cambios en ambientes de cautiverio como mascotas ya que éstas están a expensas de lo que sus propietarios dispongan; dependen de las actividades y

ocupaciones que estos tengan, por lo que la rutina de estos monos se vuelve completamente incierta; su horario y tipo de alimentación son sumamente variables. Las dietas de los animales mascota incluyen gran cantidad de comida *chatarra*; además es bastante común que los monos mascota mientras son crías vivan dentro de las casas, en contacto estrecho con los humanos, y al llegar a ser individuos juveniles y tornarse agresivos, sus dueños prefieren amarrarlos o encerrarlos en jaulas, ya que los consideran riesgosos para sus familias, sin importarles que el animal hubiera estado acostumbrado al contacto físico y a los juegos. A este tipo de situaciones se puede atribuir que los animales mascotas tengan niveles de cortisol más elevados que los que se encuentran en hábitat conservado, ya que pueden tener problemas para sobrellevar los cambios ambientales a los que están sometidos constantemente.

La argumentación anterior se refleja en los resultados de este trabajo ya que, aunque no se encontraron diferencias significativas entre los animales que viven en zonas fragmentadas, zoológicos y los que son mascotas, sí se aprecia una tendencia de aumento en los niveles de cortisol en ese orden.

Es igualmente importante señalar que aunque las diferencias no resulten significativas estadísticamente entre los animales que son mascota, los que viven en zoológicos y los que habitan en hábitat fragmentado, ello se puede deber al escaso número de muestras obtenidas de animales mascota, y no es que haya pocos monos araña en esta condición, sino que sus propietarios en esta zona no se prestan fácilmente a que el investigador tome muestras, ya que tienen temor de que alguna organización proteccionista o federal, les quite a sus animales. Además es muy importante señalar que las mascotas muestreadas en este estudio se encontraban en condiciones muy diferentes entre sí, ya que una estaba encerrada en una jaula; la segunda se encontraba amarrada a un árbol, con una soga de cinco o seis metros; la tercera con una soga de solamente dos metros y la última de las mascotas pasaba largos períodos en brazos de sus dueños y nunca había estado amarrada. Lo sorprendente es que a pesar de todas estas diferencias el grupo de mascotas con una **N** de solamente cuatro, no presenta mucha variación interna en los registros, a diferencia de los grupos de vida libre, conservado y perturbado, que presentan una

variación interna muy grande, como se aprecia en la columna de máximos y mínimos de la tabla 3.

Finalmente considero muy importante enfatizar que los niveles más bajos de cortisol hallados en este estudio son los correspondientes a animales que se encuentran en hábitat conservado, lo que nos indica que los monos araña (*Ateles geoffroy yucatanesis*) son sumamente sensibles a los cambios en su hábitat. En contraposición, encontramos significativamente más altos los niveles de cortisol en todas las demás categorías estudiadas.

Por lo anterior se pueden tomar como niveles basales de la especie los promedios que reporta este trabajo para los niveles de cortisol de animales silvestres que viven en hábitat conservado. Los datos derivados del resto de las categorías relativas a las diferentes condiciones de hábitat reflejan, entonces, alteraciones con respecto a los datos obtenidos para los animales de hábitat conservado.

VIII. CONCLUSIONES

Se obtuvo información relevante sobre los niveles de cortisol encontrados en *Ateles geoffroy yucatanensis*, como fue el determinar cuánto tiempo tarda en ser excretado el metabolito en heces. Asimismo se vio que es factible medir esta hormona en esta especie a través de un método no invasivo.

Se determinó que *Ateles geoffroy yucatanensis* presenta en heces el metabolito de cortisol y que los métodos que se siguieron son los adecuados para la conservación de las heces, para el secado y la extracción de la hormona. Ciertamente el método que se siguió es viable para trabajos que pretendan estudiar de manera eficaz niveles hormonales en animales que se encuentren en vida libre, sin que el investigador se vuelva un factor estresante para los sujetos de estudio.

Se encontró que sí hay diferencias en los niveles de cortisol entre grupos de animales que se encuentran en diferentes tipos de hábitat, aunque no se pudo ubicar a los niveles de cortisol encontrados en un gradiente relativo al estado de conservación del hábitat. Las únicas diferencias estadísticamente significativas se registraron entre el sitio conservado contra todos los demás sitios, pero debido a la disparidad del número de datos en los diferentes tipos de hábitat no se pudo comprobar que hay un gradiente estadísticamente significativo en los niveles de cortisol de los animales que pertenecen al hábitat fragmentado, a los de zoológicos y a las mascotas.

También se comprobó que los niveles de cortisol hallados en los individuos de *Ateles geoffroy yucatanensis* que viven en hábitat fragmentado, serán más elevados que los correspondientes a los de los monos que se encuentran en hábitat conservado.

Pero no se pudo probar que los animales en cautiverio registren niveles de cortisol aún más altos que los que viven en áreas fragmentadas, ni se establecieron diferencias entre los individuos de *Ateles geoffroy yucatanensis* que estén cautivos como mascotas, y los que se encuentren en zoológicos.

Es necesario mencionar que aunque no se encontraron diferencias significativas entre los animales que viven en zonas fragmentadas, zoológicos y los que son mascotas, sí se aprecia una tendencia de aumento en los niveles de cortisol en ese orden.

Finalmente es necesario mencionar la importancia de utilizar los métodos no invasivos como son las mediciones hormonales por medio de heces fecales como indicadores ecológicos ya que proporcionan información que es muy útil para los trabajos que involucran el estudio de primates silvestres.

LITERATURA CITADA:

- Andrén, H. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. *OIKOS* 71:355-366, 1994
- Ayala O. B. Estudio del uso de hábitat de dos grupos de monos araña (*Ateles geoffroyi yucatanensis*), en la localidad de Punta Laguna en la Península de Yucatán. Tesis Licenciatura en Biología Facultad de Ciencias, UNAM, 2001
- Begon, M. Harper J. L. Townsend C. R. Ecología: Individuos, poblaciones y comunidades, 3ra ed, Omega, España, 1999
- Bierregaard, R. O. Jr; T. E. Lovejoy; V. Kapos; A. A. Dos Santos; R. Hutchings. The biological dynamics of tropical rainforest fragment. *BIOSCIENCE*, 42 :11, 1992
- Bonilla M. M. Prevalencia de parásitos gastroentéricos en primates (*Alouatta pigra* y *Ateles geoffroyi yucatanensis*) localizados en hábitat conservado y fragmentado de Quintana Roo, México. Tesis Licenciatura en Biología Facultad de Ciencias, UNAM, 2002
- Breazile J. E. Physiological basis and consequences of distress in animals. *JOURNAL OF THE AMERICAN VETERINARY MEDICAL ASSOCIATION*, 191:1212-1215, 1987
- Brockman, K. D.; Whitten, P. L.; Russell, E.; Alison, F. R; Izard, M. K, Application of fecal steroid techniques to the reproductive endocrinology of female Verreaux's sifaka, *AMERICAN JOURNAL OF PRIMATOLOGY* 36:313-325, 1995.
- Broom DM, Johnson KG. Assesing welfare: long-term responses. En: *STRESS AND ANIMAL WELFARE*: Chapman and Hall, 111-144, 1993.
- Brousset H-J. D.; Borderas T. F.; Galindo M. F.; Gonzáles-Rebeles C.; Páramo R. R.;Schunemann A. A.; Sánchez S. L.; Suárez G. F.; Vanda C. B; Evaluación del bienestar de los animales en el Zoológico de San Juan de Aragón, UNAM, 2001.
- Brown J. L.; Wildt D. E, Assesing reproductive status in wild felids by non-invasive fecal steroid monitoring. *INTERNATIONAL ZOO YEAR BOOK* 35:152-159, 1994

- Carlstead K.; Brown J. L.; Seidensticker J. Behavioral and adrenocortical responses to environmental changes in leopard cats (*Felis bengalensis*). ZOO BIOLOGY;12:321-331, 1993
- Carlstead K. Effects of captivity on the behavior of wild mammals. En: Kleiman D. G, Allen M. E, Thompson K. V, Lumpkin S, editores. WILD MAMMALS IN CAPTIVITY, PRINCIPLES AND TECHNIQUES. Chicago: The University of Chicago Press; 317-333,1996
- Carlstead K. Determining the causes of stereotypic behaviors in zoo carnivores, toward appropriate enrichment strategies. SECOND NATURE, ENVIRONMENTAL ENRICHMENT FOR CAPTIVE ANIMALS. Washington y Londres: Smithsonian Institution Press; 172-183, 1998
- Cavigelli, S. A. Behavioural patterns associated with faecal cortisol levels in freeranging female ring-tailed lemures, *Lemur catta*. ANIMAL BEHAVIOUR 57:937-944, 1999
- Challenger, A. UTILIZACIÓN Y CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES DE MÉXICO. CONABIO, Instituto de Biología, Sierra Madre, México, 1998.
- Chapman, C. A.; White, F. J.; Wrangham, R. W. Defining subgroup size in fission-fusion societies. FOLIA PRIMATOLOGICA. 61:31-34, 1993
- Chapman, C. A. y L. J. Chapman. Reproductive biology of captive and free-ranging spider monkeys. ZOO BIOLOGY. 9, 1990
- Coe, L. C.; Mendoza, S.; Levine, S. Social status constrains the stress response in the squirrel monkey. PHYSIOLOGICAL BEHAVIOR, 23: 633-641, 1979
- Coe, L. C.; Savage, A.; Bromley, L. J.; Phylogenetic influences on hormone levels across the primate order. AMERICAN JOURNAL OF PRIMATOLOGY 28:81-100 1992
- Cowlshaw, G.; Dunbar, R. Primate conservation biology. University of Chicago Press, Chicago. USA, 2000

- Dierauf, L. A, Stress in marine mammals. In CRC Handbook of marine mammals medicine: health, disease and rehabilitation, Dierauf L. A. (Ed) American Veterinary Medical Association Congressional Science, Capitol Hill, Washington D.C. 295-301, 1990
- Dirzo, R.; García, M. C, Rates of deforestation in los Tuxtlas, a neotropical area in southeast México. CONSERVATION BIOLOGY, 84-90 1992
- Dirzo, R, Diversidad florística y estado de conservación de las selvas tropicales de México. En: J. Sarukhán, Dirzo, R (Ed), México ante los retos de la biodiversidad. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. México, D. F. Pp 283-290, 1992
- Erb L.; Lasley N. M.; Czekala N. M.; Monfort S. L.; Bercovitz A. B, A dual radioimmunoassay and cytosol receptor binding assay for the measurement of estrogenic compounds applied to urine, fecal and plasma samples. STEROIDS 39:33-46, 1982
- Estrada, A. Coates-Estrada, R, Some observations on the present distribution and conservation of *Alouatta* and *Ateles* in the Southern Mexico. AMERICAN JOURNAL OF PRIMATOLOGY, 7:133-137, 1984
- Estrada, A.; Coates-Estrada, R, La destrucción de la selva y la conservación de los primates silvestres de México (*Alouatta* y *Ateles*), Pp 211-233 in A. Estrada; R. López-Wilchis, R. Coates-Estrada, editores. MEMORIAS DEL PRIMER SIMPOSIO NACIONAL DE PRIMATOLOGÍA, UAM Iztapalapa, México, 1989
- Estrada, A.; Rodríguez-Luna, E.; López-Wilchis, R.; Coates-Estrada, R, ESTUDIOS PRIMATOLOGICOS EN MÉXICO. Universidad Veracruzana, Xalapa, México, 1993
- Fedigan L. M.; Baxter M. J, Sex differences and social organization in free-ranging spider monkeys (*Ateles geoffroyi*). PRIMATES 25: 279-294, 1984
- Ferrusquía-Villafranca, I, Carta de regionalización biogeográfica. Provincias bióticas, (IV.8.10) 1:4000,000. Atlas Nacional de México. Instituto de Geografía UNAM, México D. F. 1990

- Flores V, Análisis de la distribución de la herpetofauna de México. Tesis de Doctorado Facultad de Ciencias. UNAM, México D. F., 1991
- Franceschini, M.; Ziegler, T.; Scheffler, G. E.; Kaufman, A.; Sollod, A comparative analysis of fecal cortisol concentrations between four populations of woolly monkeys (*Lagothrix lagotricha*) living under different environmental conditions. AAZV ANNUAL CONFERENCE PROCEEDINGS. Pp 303-305, 1997
- Fried T. H. Symposium: Response of animals to stress: behavioral aspects of stress. J. DAIRY SCI; 74: 292-303. 1991
- Galindo Maldonado F. A.; Brousset Hernández J. D. M. , Benitez M. A.; Cataño Lara A. E.; King Lelia; Conducta y cortisol fecal como indicadores no invasivos para evaluar un programa de enriquecimiento ambiental en chimpancés (*Pan troglodytes*) XVII SIMPOSIO SABRE FAUNA SILVESTRE, México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM Pp 97, 2000
- Graham L. H.; Brown J. L, Cortisol metabolism in the domestic cat and implications for non-invasive monitoring of adrenocortical function in endangered felids. ZOO BIOLOGY, 15:71-82. 1996
- Guyton A. C.; Hall J. E.; Tratado de fisiología, Capítulo 77, Hormonas corticosuprarrenales. Interamericana Mc Graw-Hill México 1047-1062, 1996
- Haila, Y. D. A.; Saunders.; J. Hobbs.; What do we presently understand about fragmentation? NATURE CONSERVATION, 3: Reconstrucción of fragmented ecosystems. Ed Saunders; Pp 45-55, 1993
- Hernández Ballesteros L. Determinación de la concentración de cortisol y de otros parámetros bioquímicos en la sangre y saliva de delfines *Tursiops truncatus* en cautiverio y durante el proceso de transportación. Tesis Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, 1998

- Hil-J Makin. Biochemistry of steroids hormones 2nd ed. Blackwell scientist Publication. Great Britain, 1984
- Huntingford F. The study of animal behavior. Chapman and Hall, 1984.
- IUCN 2000. Red List of Threatened Species. World Wild Web. [http:// iucn.org /redlist/2000/index/html](http://iucn.org/redlist/2000/index/html) (Diciembre 2000)
- INEGI, [http:// www. inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx). Sociodemografía, Península de Yucatán, estados de Yucatán y Quintana Roo.
- Katz F. H.; Shannon I. L, Parotid fluid cortisol and cortisone. JOURNAL OF CLINICAL INVESTIGATION, 48:848-855, 1969
- Krebs, Ch. Ecology: the experimental análisis of distribution and abundance. Harper Collins 4th ed., 61, 1994
- Lasley B.L.; Kirkpatrick J. F, Monitoring ovarian function in captive and free ranging wildlife by means of urinary and fecal steroid. JOURNAL OF ZOO WILDLIFE MEDICINE, 22:23-31, 1991
- Leopold, A. S. Fauna silvestre de México. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México, D. F. 1990
- López Chávez A. B.; Cuarón A. D.; "Abundancia del mono saraguato maya *Alouatta pigra* en la selva lacandona: comparación de métodos". En memorias de XVII SIMPOSIO SOBRE FAUNA SILVESTRE. México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM Pp 11, 2000
- Lord, J. M.; Norton D. A.; Scale and spatial concept of fragmentation. CONSERVATION BIOLOGY 4(2) 197-202, 1990

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Poole T. B. Meeting a mammal's psychological needs, basic principles. **SECOND NATURE, ENVIRONMENTAL ENRICHMENT FOR CAPTIVE ANIMALS.** Washington y Londres: Smithsonian Institution Press, 83-94.; 1998
- Ramos-Fernandez, G.; Ayala-Orozco, B. 2002. Population size and habitat use of spider monkeys in Punta Laguna, México. *Primates in fragments: ecology and conservation*, (In press).
- Risler, L.; Wasser, S. K.; Sackett, G.P. Measurement of excreted steroids in *Macaca nemestrina*. **AMERICAN JOURNAL OF PRIMATOLOGY** 12:91-100, 1987
- Robinson, J. G.; Janson, C. H.; Capuchins, Squirrel Monkeys and Atelines: Socioecological convergence with old world primates. En **PRIMATE SOCIETIES**. Ed B. Smuts et al, Chicago university of Chicago Press. 1987
- Rodríguez-Luna E.; García Orduña F.; Canales E. D, Translocación del mono aullador *Alouatta palliata*: una alternativa conservacionista, **ESTUDIOS PRIMATOLÓGICOS EN MÉXICO**, Vol I, Biblioteca Universidad Veracruzana. 129-159, 1993
- Roosmalen, M. G. M.; Van y Klein, L. L, The spider monkeys, Genus Ateles. En *Ecology and behavior of Neotropical primates* Ed. R. A. Mittermeier, A. B. Rylands, A. Coimbra-Filho y G.A.B. Fonseca Washington D.C. WWF., 1987
- Rzedowski, J. *Vegetación de México*. Ed Limusa. México D. F. 1978,
- Schwarzberg F.; Möstl E.; Palma R.; Bamberg E, Fecal steroid análisis for non-invasive monitoring of reproductive status in farm, wild and zoo animals. **ANIMAL REPRODUCTION SCIENCE**, 42:515-526, 1996
- Serio-Silva, Rico G. V.; Ramos-Fernández, G, Identificación de áreas prioritarias para la conservación de primates en la Península de Yucatán. En *Memorias: PRIMER CONGRESO MEXICANO DE PRIMATOLOGÍA*, pp24, 2001

- Seidensticker J.; Doherty J. G. Integrating animal behavior and exhibit design, WILD MAMMALS IN CAPTIVITY, PRINCIPLES AND TECHNIQUES. Chicago: The University of Chicago Press, 180-190., 1996
- Shideler S. E.; Ortuno a. N. M.; Morán F. M.; Lasley B. L. Simple extraction and enzyme immunoassay for estrogen and progesterone metabolites in the feces of *Macacca fascicularis* during nonconceptive ovarian cycles. BIOLOGY OF REPRODUCTION 48: 1290-1298, 1993
- Shideler, S. E.; Savage, A., Ortuno, A. M.; Moorman, E. A.; Lasley, B. L. Monitoring female reproductive function by measurement of fecal estrogen and progesterone metabolites in the white-faced Saki (*Pithecia phitecia*) AMERICAN JOURNAL OF PRIMATOLOGY 32:95-108, 1994
- Silva-López, G.; Jiménez-Huerta, J.; Benitez-Rodriguez, J. Availability of resources to primates and humans in a forest fragment of Sierra de Santa Martha, México. *Neotropical primates*; 1 (4):3-6., 1993
- Solomon, E. P.; Berg L. P.; Martin D. W.; Ville, C. Biología de Ville 3ª Ed Capitulo 47, Hormonas animales: regulación endocrina 931-954, 1996
- Stahl, F.; Dörner, G. Response of salivary cortisol levels to stress-situations, ENDOCRINOLOGIE.80: 158-162, 1982
- Symington, M. M. Ecological and social correlates of party size in the black spider monkey, *Ateles paniscus*. Ph.D. Thesis, Princeton University., 1987
- Terborgh, J. Maintenance of Diversity in tropical Forests. BIOTROPICA 24(2b): 283-292, 1992
- Tecot, S. Effect of habitat on fecal cortisol concentrations in squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*) Master's Thesis. University of texas at Austin. 1999
- Toledo, V. M. La diversidad biológica de México. CIENCIA Y DESARROLLO, 81 (XIV):17:30, 1988

- Thompson L. A.; Geraci J.R., Cortisol, aldosterone and leucocytes in the stress response of bottle nose dolphins, *Tursiops truncatus*, CANADIAN JOURNAL FISH AQUATIC SCIENTIFIC, 43:1010-1016, 1986
- Véa Baro J., Efectos de la fragmentación del hábitat en la demografía y estado del mono aullador en los Tuxtlas Ver, México, En Memorias de PRIMER CONGRESO MEXICANO DE PRIMATOLOGÍA, Página 1, 2001
- Vinning R. F.; Mc Ginley R. A.; Marsvytis J. J.; HO, K. Y., Salivary cortisol: A better measure of adrenal cortical function than serum cortisol, ANNALES OF CLINICAL BIOCHEMISTRY, 20: 329-335, 1983
- Vinning R. F.; Mc Ginley R. A., Hormones in saliva. In CRITICAL REVIEWS IN CLINICAL LABORATORY SCIENCES, V 23 CRC-Press USA, 1985
- Watts, E.; Rico-Gray, V., Los primates de la Península de Yucatán, México: Estudio preliminar sobre la distribución actual y estado de conservación. BIOTICA, 12(1):57-66, 1987
- Wasser, S. K.; Reproductive competition and cooperation among female yellow baboons. Pp 349-390 in SOCIAL BEHAVIOR OF FEMALE VERTEBRATES. S.K.Wasser, ed. New York, Academic Press, 1983.
- Wasser, S. K.; Risler, L.; Wasser L. M., Use of techniques to extract steroid hormones from primate feces. PRIMATE REPORTS 14:194-195, 1986
- Wasser, S. K.; Risler, L.; Steiner, R. A., Excreted steroids in primate feces over the menstrual cycle and pregnancy. BIOLOGY OF REPRODUCTION 39:862-872, 1988.
- Wasser, S. K.; Monfort, S. L.; Wildt, D. E., Rapid extracción of faecal steroids for measuring reproductive cyclicity and early pregnancy in free-ranging yellow baboons (*Papio cynocephalus cynocephalus*). JOURNAL OF REPRODUCTION AND FERTILITY, 92: 415-423, 1991

- Wasser S. K.; Thomas R.; Nair P. P.; Guirdy C.; Southers J.; Lucas J.; Wildt D. E.; Monfort S. L.; Effects of dietary fibre on fecal steroids measurements in baboons (*Papio cynocephalus cynocephalus*). JOURNAL OF REPRODUCCION AND FERTILITY 97: 569-574, 1993
- Wasser, S. K; Reproductive control in wild baboons measured by fecal steroids. BIOLOGY OF REPRODUCTION 55:393-399, 1996
- Wilson, E. O; Threats to biodiversity. SCIENTIFIC AMERICAN. Pp 108-116, Sept. 1989
- Wingfield J. C.; Hunt K.; Breuner C.; Dunlap K.; Fowler G. S.; Freed L.; Environmental stress, field endocrinology, and conservation biology. BEHAVIORAL APPROACHES TO CONSERVATION IN THE WILD. Cambridge University Press, 95-131, 1997
- Winter J.; Bockkenheuser V. D, Bacterial metabolism of natural and syntetic sex hormones undergoing enterohepatic circulation. JOURNAL OF STEROID BIOCHEMISTRY, 27:1144-1149, 1987
- Yalow, R.; Berson, S, Introduction and general considerations. In Principles of competitive protein binding assays. Odel W. and Daughaday W. Eds J.B: Lippincott Co, Philadelphia 197-210., 1971
- Zambrano A. F.; Díaz S. V, El radioinmunoanálisis y su control de calidad. Centro nuclear de México Nabor Carrillo e Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, México, 1996
- Ziegler, T. E.; Santos C. V.; Pissinati, A.; Strier B. K, Steroid excretion during the ovarian cycle in captive and wild Muriqui, *Brachyteles arachnoides*. AMERICAN JOURNAL OF PRIMATOLOGY 42:311-321, 1997

Apéndice 1

Preparación de Buffer RIA. Se calentó un litro de agua desionizada y bidestilada entre 47 y 50 ° C; se adicionó poco a poco dos gramos de gelatina y se agitó; ya que no quedaban grumos se agregaron 17 gr. de fosfato dibásico de sodio, 10.8 gr. de fosfato monobásico de sodio, y 18 gr. de cloruro de sodio; se continuó agitando hasta que se disolvieron completamente, se completó a dos litros con agua desionizada y bidestilada; cuando el buffer estuvo a temperatura ambiente se agregaron dos gramos de ázida de sodio, el buffer debe tener un pH de siete. El buffer RIA diluido está en concentración del 75%.

Apéndice 2

Preparación de PBS. El PBS contiene 80 gr. de NaCl, 2 gr. de KH_2PO_4 , 2 gr. de KCl, 11.64 gr. de Na_2HPO_4 en un litro de agua bidestilada y desionizada.

Apéndice 3

Preparación de carbón activado. Se adicionaron 0.4 gr. de carbón activado en polvo en 100 ml. de buffer RIA al 75%, y se deja agitando por lo menos durante 15 minutos.

Apéndice 4

Preparación de líquido de centelleo. Se pusieron a agitar 4002 ml. de tolueno, mezclado con 24 gr. de *PPO* (2,5-Diphenyloxazole), 1.2 gr. de *POPOP* (1,4-bis[5 phenyl-2 oxazolil] benceno, 2,2'- phenylene-bis[phenyloxazole]) hasta que se diluyan en dos litros de agua bidestilada desionizada; después se agregan 1998 ml. de tritón y se agita durante una hora a temperatura ambiente, cubriendo el recipiente con papel aluminio para que no le dé la luz.

Apéndice 5

Ejemplo de protocolo de RIA que se siguió en el laboratorio para el tratamiento de cada muestra. Incluyendo siete puntos correspondientes a la curva estándar.

	Tubo	Tubo	Buffer RIA	Muestra	Anticuerpo	Marca	Carbón A
							De 18 a 24 hrs. después
CT	1	2	700 µl.	-----	-----	50 µl.	-----
UI	3	4	200 µl.	-----	-----	50 µl.	500 µl.
UT	5	6	100 µl.	-----	100 µl.	50 µl.	500 µl.
Curva							
200pg	7	8	-----		100 µl.	50 µl.	500 µl.
100pg	9	10	-----		100 µl.	50 µl.	500 µl.
50pg	11	12	-----		100 µl.	50 µl.	500 µl.
25pg	13	14	-----		100 µl.	50 µl.	500 µl.
12.5pg	15	16	-----		100 µl.	50 µl.	500 µl.
6.25pg	17	18	-----		100 µl.	50 µl.	500 µl.
3.125pg	19	20	-----		100 µl.	50 µl.	500 µl.
Muestra							
PL1	21	22		100 µl.	100 µl.	50 µl.	500 µl.
PT1	23	24		100 µl.	100 µl.	50 µl.	500 µl.
3G1	25	26		100 µl.	100 µl.	50 µl.	500 µl.
JB1	27	28		100 µl.	100 µl.	50 µl.	500 µl.
M1	29	30		100 µl.	100 µl.	50 µl.	500 µl.
ZC1	31	32		100 µl.	100 µl.	50 µl.	500 µl.
Zch1	33	34		100 µl.	100 µl.	50 µl.	500 µl.
Zak1	35	36		100 µl.	100 µl.	50 µl.	500 µl.

CT= Cuentas totales

UI= Unión inespecífica

UT= Unión total

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**