

■ TÍTULOS PUBLICADOS

**Colección La Ciencia en Veracruz:**

- **Las mariposas de Veracruz. Guía Ilustrada**  
Fernando Hernández Baz
- **Los mamíferos de Veracruz. Guía Ilustrada**  
Alvar González Christen
- **La morada de nuestros ancestros. Alternativas para la conservación**  
Sergio Vásquez Zárate, Henri Noel Bernard Medina y Sara Ladrón de Guevara
- **Dinámicas lingüísticas entre los popolucas y nahuas del sur de Veracruz**  
Salomé Gutiérrez Morales
- **La ciencia y la tecnología en Veracruz, 2006-2010 Volumen I**  
Memoria del Consejo Veracruzano de Ciencia y Tecnología
- **La ciencia y la tecnología en Veracruz. El Fomix Volumen II**  
Memoria del Consejo Veracruzano de Ciencia y Tecnología
- **Anfibios y reptiles de Veracruz. Guía ilustrada**  
Salvador Guzmán Guzmán
- **Los murciélagos de Calakmul**  
Joaquín Arroyo Cabrales, Alvar González Christen, Domingo Canales Espinoza, Fidencio León Burgos, Ma. Luísa Franco Morales, Laura Navarro Noriega, Jorge A. Vargas Contreras
- **Las cícadas de Veracruz. Guía ilustrada**  
Mario Vázquez Torres, Alfredo Cruz Pérez y Jaqueline Campos Jimenez
- **La conservación de los primates en México**  
Pedro Américo D. Dias, Ariadna Rangel Negrín y Domingo Canales Espinosa

■ PRÓXIMOS TÍTULOS

- **Biodiversidad marina de la costa central de Veracruz. Guía ilustrada**  
María de Lourdes Jiménez Badillo, Miguel Ángel Lozano Aburto y Virgilio Arenas Fuentes



■ A lo largo de los últimos 35 años, las tres especies de primates que existen en México han sido ampliamente estudiadas. Aunque estos esfuerzos han resultado en un conjunto notable de información en cuanto a su ecología, comportamiento y fisiología, esos conocimientos han sido rara vez usados como sostén para el diseño e implementación de acciones concretas para su conservación. Esto está probablemente asociado a la escasa divulgación de esa información en ámbitos no académicos. En un intento de dar respuesta a esta problemática, en el presente volumen se reúnen nueve trabajos que, desde diferentes enfoques y disciplinas, explican cómo los conocimientos generados desde la investigación en cuanto a la biología de estos animales puede beneficiar su conservación. De este modo, *La Conservación de los Primates en México* hace accesible a un público más amplio información relevante para la protección de estos organismos. Este volumen resulta del trabajo conjunto de 39 investigadores, pertenecientes a once instituciones nacionales y extranjeras, por lo que constituye una muestra representativa de las investigaciones que se desarrollan actualmente con los primates mexicanos.



La conservación de los primates en México



La conservación de los primates en México

**Pedro Américo D. Dias**  
**Ariadna Rangel Negrín**  
**Domingo Canales Espinosa**

**Coordinadores**

■ **Pedro Américo D. Dias**

Licenciado en Antropología y maestro en Ciencias Antropológicas por la Universidad Técnica de Lisboa, y doctor en Etología por la Universidad Autónoma de Madrid. Es investigador del Instituto de Neuroetología de la Universidad Veracruzana. Sus investigaciones abarcan temas tan variados como el forrajeo y las respuestas fisiológicas de los primates mexicanos a condiciones ambientales cambiantes.

■ **Ariadna Rangel Negrín**

Se graduó de la carrera de Biología en la Universidad Nacional Autónoma de México, en el año 2003. En 2010 concluyó sus estudios de doctorado en la Universidad de Barcelona. Ha realizado investigaciones acerca del impacto del estado de conservación del hábitat y de diversos factores socioecológicos sobre la endocrinología de los primates mexicanos cautivos y silvestres.

■ **Domingo Canales Espinosa**

Se graduó en la carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia y obtuvo la maestría en Neuroetología en la Universidad Veracruzana. Es investigador del Instituto de Neuroetología y director del Área Académica de Ciencias Biológicas Agropecuarias de esa institución. Fue secretario y presidente de la Asociación Mexicana de Primatología, A.C. Sus principales intereses de investigación giran en torno a la conservación de los primates.





La conservación  
de los primates  
en México

Pedro Américo D. Dias  
Ariadna Rangel Negrín  
Domingo Canales Espinosa

Coordinadores

V E R A C R U Z

Gobernador del Estado de Veracruz / Dr. Javier Duarte de Ochoa

**Secretario de Educación  
de Veracruz**  
Lic. Adolfo Mota Hernández

**Director General del Consejo Veracruzano  
de Ciencia y Tecnología**  
Dr. Víctor Manuel Alcaraz Romero

**Responsable del Programa Editorial del  
Consejo Veracruzano de Ciencia y Tecnología**  
Lic. Claudia Díaz Rivera

**Responsable del Programa de Apropiación  
Social de la Ciencia del Consejo Veracruzano  
de Ciencia y Tecnología**  
Lic. Heriberto Contreras Garibay

**Rector de la Universidad Veracruzana**  
Dr. Raúl Arias Lovillo

**Secretario Académico  
de la Universidad Veracruzana**  
Dr. Porfirio Carrillo Castilla

**Secretario de Administración y Finanzas  
de la Universidad Veracruzana**  
Lic. Víctor Aguilar Pizarro

**Director General de Investigaciones  
de la Universidad Veracruzana**  
Dr. César Ignacio Beristáin Guevara

La edición de este libro se realizó gracias al apoyo del Fondo Mixto de Ciencia y Tecnología, integrado por el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave y el Conacyt, al proyecto 144382, Difusión de la Labor de los Investigadores Científicos y Tecnológicos en el Estado de Veracruz, mediante la colección de libros intitulada: **La Ciencia en Veracruz**.

**Coordinadora general de la colección La Ciencia en Veracruz / Martha Poblett Miranda**

**Diseño editorial / Humberto Brera**

**Corrección de estilo / Ana María Carbonell León, Rosario Ponce Perea**

Primera edición

**D.R. © 2011. Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico**

Esta obra es propiedad intelectual de sus autores, y los derechos de publicación han sido legalmente aceptados y autorizados.

Prohibida su reproducción total o parcial por cualquier medio sin autorización expresa y por escrito de su legítimo titular de derechos.

ISBN Colección La Ciencia en Veracruz: **978-607-9090-00-5**

ISBN La conservación de los primates en México: **978-607-9090-10-4**

**Impreso en México / Printed in Mexico**



# Contenido

<b>Participantes</b>	<b>6</b>
<b>Introducción</b>	<b>8</b>
<b>Estado actual de las poblaciones de primates mexicanos</b>	<b>12</b>
Criterios y lineamientos para la evaluación del estado de conservación de los primates	<b>15</b>
Evolución demográfica de monos aulladores en fragmentos de selva en los Tuxtlas	<b>27</b>
Contribuciones al conocimiento de los primates de Tabasco	<b>44</b>
Primates mexicanos en cautiverio	<b>59</b>
<b>Conservación aplicada a primates mexicanos</b>	<b>78</b>
Translocación de primates mexicanos	<b>81</b>
El vínculo entre investigación y conservación del mono araña en Punta Laguna, Yucatán	<b>108</b>
Dispersión de semillas por monos araña y su implicación para la regeneración de las selvas	<b>125</b>
<b>Aportaciones interdisciplinarias para la conservación de los primates mexicanos</b>	<b>146</b>
Respuestas hormonales de los primates mexicanos a factores socioambientales	<b>149</b>
La genética y la conservación de monos aulladores mexicanos	<b>172</b>
<b>Glosario</b>	<b>189</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>192</b>

# Participantes

**Ma. Socorro Aguilar Cucurachi**  
Instituto de Neuroetología  
Universidad Veracruzana  
scucurachi@hotmail.com

**Víctor Arroyo Rodríguez**  
Centro de Investigaciones  
en Ecosistemas  
Universidad Nacional  
Autónoma de México  
arroyov@oikos.unam.mx

**Edgar F. Ávila**  
Centro de Investigaciones  
en Ecosistemas  
Universidad Nacional  
Autónoma de México  
pakolongo20@hotmail.com

**Filippo Aureli**  
Liverpool John Moores University  
(Reino Unido)  
e Instituto de Neuroetología  
Universidad Veracruzana  
F.Aureli@ljamu.ac.uk

**Arturo Barbachano Guerrero**  
Laboratorio de Medicina  
de Conservación  
Escuela Superior de Medicina  
Instituto Politécnico Nacional  
abarbachanog@gmail.com

**Martha Bonilla Moheno**  
Instituto de Ecología, A.C.  
martha.bonilla@inecol.edu.mx

**Magali Bonilla Sánchez**  
Estación de Investigación  
Primatológica y Vida Silvestre,  
Balancán  
bonillamagali@yahoo.com.mx

**Domingo Canales Espinosa**  
Instituto de Neuroetología  
Universidad Veracruzana  
dcanales@uv.mx

**Oscar M. Chaves**  
Centro de Investigaciones  
en Ecosistemas  
Universidad Nacional Autónoma de  
México  
ochaba@gmail.com

**Liliana Cortés Ortiz**  
Museum of Zoology & Department  
of Ecology and Evolutionary Biology  
University of Michigan (EU)  
lcortes@umich.edu

**Jurgi Cristóbal Azkarate**  
Laboratorio de Salud  
de Fauna Silvestre.  
Centro de Investigaciones Tropicales  
Universidad Veracruzana  
jcrystal@uv.mx

**Pedro Américo D. Dias**  
Instituto de Neuroetología  
Universidad Veracruzana  
pdias@uv.mx

**Hilda María Díaz López**  
División Académica  
de Ciencias Biológicas  
Universidad Juárez  
Autónoma de Tabasco  
hildadiaz2@yahoo.com.mx

**Cristina Domingo Balcells**  
Instituto de Biología  
Universidad Nacional  
Autónoma de México  
aloma\_cris@hotmail.com

**Fabiola Espinosa Gómez**  
Instituto de Neuroetología  
Universidad Veracruzana  
fabimvz30@yahoo.com.mx

**Luis García Feria**  
Estación de Investigación  
Primatológica y Vida Silvestre,  
Balancán. Departamento  
de Etología, Fauna Silvestre  
y Animales de Laboratorio  
Facultad de Medicina Veterinaria  
y Zootecnia  
Universidad Nacional  
Autónoma de México  
luizoo@yahoo.com

**Eduardo García Frapolli**  
Centro de Investigaciones  
en Ecosistemas  
Universidad Nacional  
Autónoma de México  
frapolli@oikos.unam.mx

**Francisco García Orduña**  
Instituto de Neuroetología  
Universidad Veracruzana  
fragarcia@uv.mx

**Fernando Gual Sill**  
Departamento de Producción  
Agrícola y Animal  
Universidad Autónoma  
Metropolitana-Unidad Xochimilco  
fguals@correo.xoc.uam.mx

**Beatriz Guzmán Romero**  
Centro de Investigaciones  
en Ecosistemas  
Universidad Nacional  
Autónoma de México  
betty\_tqm10@hotmail.com

**Javier Hermida Lagunes**  
Instituto de Neuroetología  
Universidad Veracruzana  
mecaja32@hotmail.com

**Rosalía Pastor Nieto**  
Dirección General de Zoológicos.  
Dirección Técnica y de Investigación  
Gobierno del Distrito Federal  
rosalia.pastor@gmail.com

**Gilberto Pozo Montuy**  
Estación de Investigación  
Primatológica y Vida Silvestre,  
Balancán  
gmontuy@gmail.com

**Ricarda Ramírez Julián**  
Red Biología y Conservación  
de Vertebrados  
Instituto de Ecología, A.C.  
rramirezjulian@yahoo.com.mx

**Gabriel Ramos Fernández**  
Centro Interdisciplinario de  
Investigación para el Desarrollo  
Integral Regional, Unidad Oaxaca  
Instituto Politécnico Nacional  
ramosfer@alumni.upenn.edu

**Ariadna Rangel Negrín**  
Instituto de Neuroetología  
Universidad Veracruzana  
ari\_rangel@hotmail.com

**Emilio Rendón Franco**  
Departamento de Producción  
Agrícola y Animal  
Universidad Autónoma  
Metropolitana-Unidad Xochimilco  
emilio.rendon.franco@gmail.com

**Ernesto Rodríguez Luna**  
Centro de Investigaciones Tropicales  
Universidad Veracruzana  
errodriiguez@uv.mx

**Colleen M. Schaffner**  
Instituto de Neuroetología  
Universidad Veracruzana  
y University of Chester  
(Reino Unido)  
c.schaffner@chester.ac.uk

**Juan Carlos Serio Silva**  
Red Biología y Conservación  
de Vertebrados  
Instituto de Ecología, A.C.  
juan.serio@inecol.edu.mx

**Aralisa Shedden González**  
Centro de Investigaciones Tropicales  
Universidad Veracruzana  
arazitl@hotmail.com

**Brenda Solórzano García**  
Centro de Investigaciones Tropicales  
Universidad Veracruzana  
brendasolorzano@yahoo.com

**Kathryn E. Stoner**  
Centro de Investigaciones  
en Ecosistemas  
Universidad Nacional  
Autónoma de México  
kstoner@oikos.unam.mx

**Antonio Acini Vásquez Aguilar**  
Red de Biología Evolutiva  
Instituto de Ecología, A.C.  
assinivas@gmail.com

**Jacob C. Dunn**  
PrIME Research Group, Department  
of Biological Anthropology  
University of Cambridge (Reino Unido)  
jcd54@cam.ac.uk

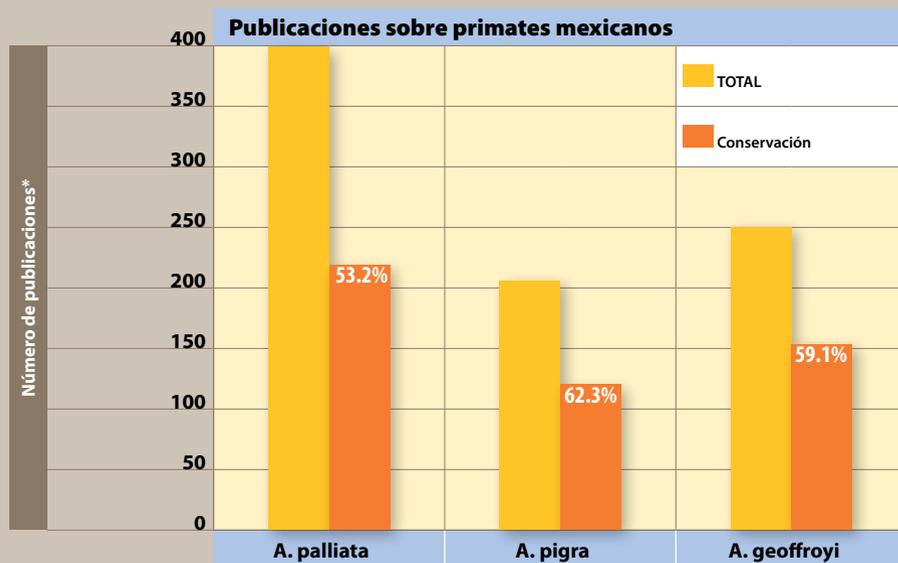
**Joaquim Veà Baró**  
Centre Especial de Recerca en Primats.  
Facultat de Psicologia  
Universitat de Barcelona (España)  
jvea@ub.edu

**Laura G. Vick**  
Peace College (EU)  
lvick@peace.edu

**Francisca Vidal García**  
Red Biología y Conservación  
de Vertebrados  
Instituto de Ecología, A.C.  
frany01@gmail.com

# Introducción

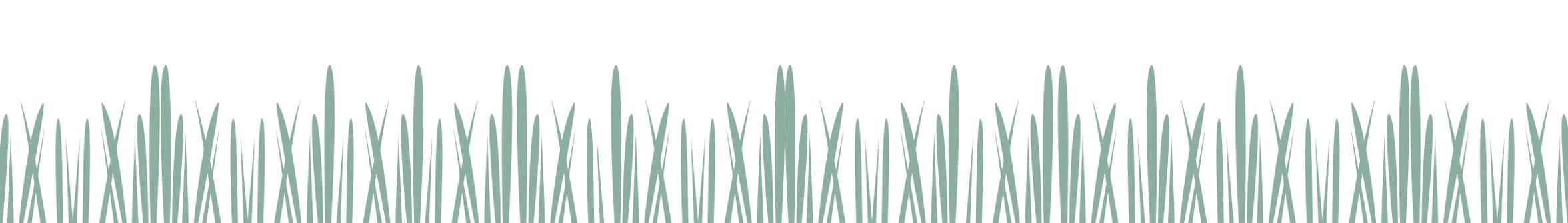
A lo largo de los últimos 35 años, las tres especies de primates que existen en México han sido ampliamente estudiadas. La investigación con primates mexicanos ha estado fuertemente asociada a temas afines a la conservación de estos organismos: en una revisión de todos los trabajos publicados sobre primates mexicanos, se encontró que en más de la mitad se analizó un tema relacionado con su conservación, o al menos se refirieron las implicaciones de esa investigación en su conservación.



\* PrimateLit 1940-nov.2010:www.primatelit.library.wisc.edu

Aunque estos esfuerzos han generado información valiosa en lo que se refiere a la ecología, el comportamiento y la fisiología de los primates, estos conocimientos rara vez han sido usados como sostén para el diseño e implementación de acciones concretas para su conservación. Entre otras, una posible explicación para esta contradicción es que los investigadores normalmente no se aventuran a divulgar sus hallazgos entre quienes toman las decisiones. Además, aunque frecuentemente los resultados de investigaciones básicas con primates tienen implicaciones para su conservación, el enfoque adoptado por los investigadores a la hora de publicar sus hallazgos limita las posibilidades de que dichas implicaciones se conozcan. Es entonces posible que en este momento se disponga de información de mayor utilidad para la conservación de los primates mexicanos que la que se puede reconocer en las publicaciones existentes.





En este sentido, en los días 4 y 5 de abril de 2011 se realizó un simposio durante el III Congreso Mexicano de Ecología titulado “Contribuciones de la investigación básica para la conservación de los primates mexicanos”. Las instituciones académicas anfitrionas del congreso fueron la Universidad Veracruzana y el Instituto de Ecología, A.C. En el simposio se reunieron investigadores que trabajan con primates mexicanos para revalorar las aportaciones generadas desde la investigación básica en cuanto a la biología de estos animales y, a través de esta revisión crítica, determinar cómo ese conocimiento puede contribuir a la conservación de estas especies que se encuentran en peligro de extinción. En conjunto, se presentaron 11 pláticas preparadas por 35 coautores pertenecientes a 11 instituciones nacionales y extranjeras. El presente volumen es el resultado tangible de este evento.

*La conservación de los primates en México* pretende hacer accesible a un público amplio los conocimientos generados desde la academia partiendo de tres principales ejes: el estado actual de las poblaciones de primates mexicanos; la conservación aplicada a los primates mexicanos, y las aportaciones interdisciplinarias para la conservación de los primates mexicanos. Estos ejes se desarrollan en las secciones del presente volumen, y los capítulos que lo conforman tratan aspectos tan variados como el papel de los primates en la regeneración de los bosques tropicales de México, la importancia de los estudios genéticos para diseñar estrategias conservacionistas, o el estado actual de las poblaciones de primates mexicanos que viven en cautiverio.

Para ayudar al lector a familiarizarse con temáticas tan diversas, incluimos un glosario de términos, conceptos y siglas al final del libro. Éstos aparecen destacados en el texto con negritas.

Queremos agradecer a todos aquellos que participaron en el simposio y en la elaboración de este volumen por el entusiasmo con que recibieron nuestra invitación. Asimismo, agradecemos los apoyos del comité organizador del III Congreso Mexicano de Ecología, de la Asociación Mexicana de Primatología, A.C. y de la Universidad Veracruzana que hicieron posible que los esfuerzos de un grupo tan amplio de investigadores se conjuntaran para producir este libro. También agradecemos al Consejo Veracruzano de Ciencia y Tecnología, y particularmente a su Director General, el Dr. Víctor Manuel Alcaraz Romero, por la oportunidad de incluir este trabajo en la colección La Ciencia en Veracruz. Estamos seguros de que *La conservación de los primates en México* contribuirá en la loable tarea de llevar el conocimiento científico generado en Veracruz a los más diversos espacios físicos e intelectuales.

**Pedro Américo D. Dias**  
**Ariadna Rangel Negrín**  
**Domingo Canales Espinosa**

## Estado actual de las poblaciones de primates mexicanos

La conservación se basa en la sistematización de nuestro conocimiento sobre la biodiversidad. Un primer paso en este sentido es la descripción de la biodiversidad misma, una tarea en la que aún nos queda mucho por hacer, ya que se estima que en la actualidad solamente se conoce entre un 0.35 y un 35% del número total de especies que habitan nuestro planeta. Pero, si concentramos nuestra atención en una especie o grupo de especies en particular, la siguiente tarea es, necesariamente, estimar cuántos individuos existen.

A lo largo de los últimos 60 años, estas dos tareas han representado una base fundamental para comprender cómo podemos preservar la flora y la fauna, y han conducido a la emergencia de metodologías que permiten clasificar a los seres vivos en cuanto al riesgo de extinción al que se enfrentan. Así, en el primer capítulo de esta sección E. Rodríguez-Luna y sus colaboradores identifican los criterios y lineamientos utilizados en los procesos de evaluación del estado de conservación de los primates mexicanos en los ámbitos nacional e internacional, así como sus alcances y limitaciones.

Por otra parte, a través de los siguientes capítulos entenderemos cómo la investigación sistemática de campo permite especular acerca del futuro de los primates mexicanos a diferentes escalas. Primero, a escala local, J. Cristóbal-Azkarate y sus colaboradores presentan información acerca de la evolución demográfica de grupos de monos aulladores de manto en los Tuxtlas (Veracruz); sugieren que el crecimiento de esta población está limitado por la pérdida y fragmentación de su hábitat, y concluyen que el futuro de los primates en este paisaje dependerá de una reforestación estratégica, que incluya

 Selva tropical en Calakmul, Campeche  
Foto:  
Ariadna Rangel Negrín

tanto el incremento de la conectividad del paisaje como de la cantidad de hábitat disponible.

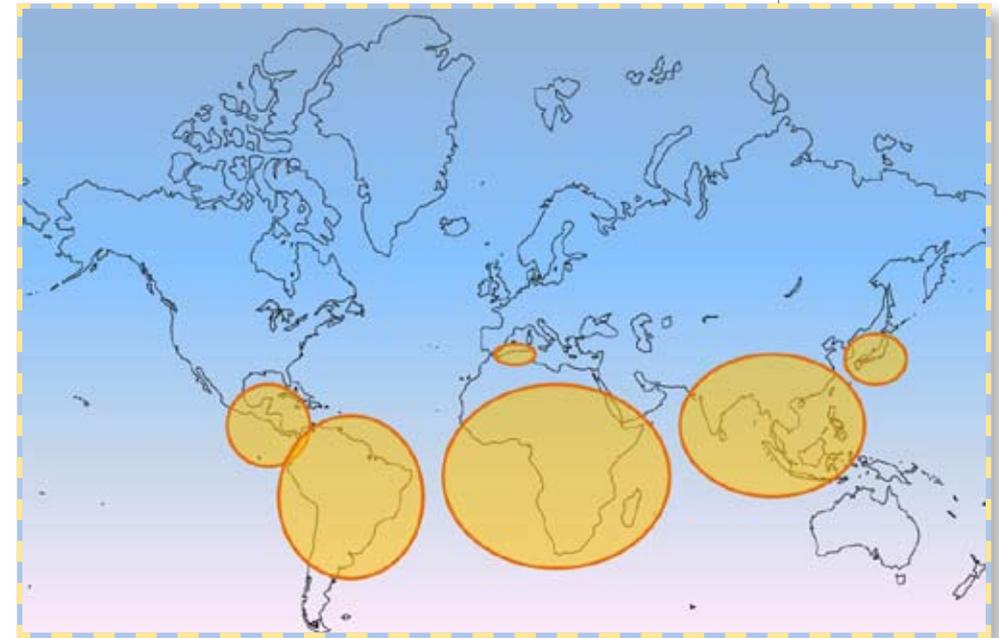
Segundo, a escala regional, J.C. Serio-Silva y sus colaboradores reportan un conjunto de investigaciones realizadas en el estado de Tabasco –el único donde habitan las tres especies de primates mexicanos–, a lo largo de los últimos 12 años. Sus trabajos han tenido como objetivo principal ampliar el conocimiento acerca de la biología, ecología, demografía y conducta de monos aulladores negros. Entre otros resultados, en el capítulo correspondiente comentan que estos primates no son portadores de **enfermedades emergentes**, y que por la pérdida y la fragmentación del hábitat los primates se han visto obligados a desplegar patrones conductuales atípicos.

Finalmente, a escala nacional, F. Gual-Sill y E. Rendón-Franco presentan los resultados de una investigación acerca de la situación actual de los primates mexicanos cautivos. En particular, y partiendo de la visión de que en la actualidad los zoológicos constituyen una herramienta básica para la recuperación de muchas especies silvestres en peligro de extinción, analizan, entre otras cuestiones, la abundancia y procedencia de los primates mexicanos en cautiverio y las condiciones bajo las cuales viven. Con base en ese análisis, especulan en torno a la viabilidad futura de las poblaciones de primates mexicanos en cautiverio.

## CRITERIOS Y LINEAMIENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS PRIMATES

Ernesto Rodríguez-Luna, Brenda Solórzano-García,  
Aralisa Shedden-González

El grupo de los primates está compuesto por 339 especies, desde lémures y monos hasta los grandes simios, como gorilas y orangutanes, y se distribuyen en tres de los cinco continentes: Asia con 79 especies, África con 172 especies y América con 139 especies. Como ya se mencionó, México cuenta con tres especies de primates: el mono aullador de manto (*Alouatta palliata*), el mono aullador negro (*Alouatta pigra*) y el mono araña (*Ateles geoffroyi*), distribuidas en los estados del sureste del país.

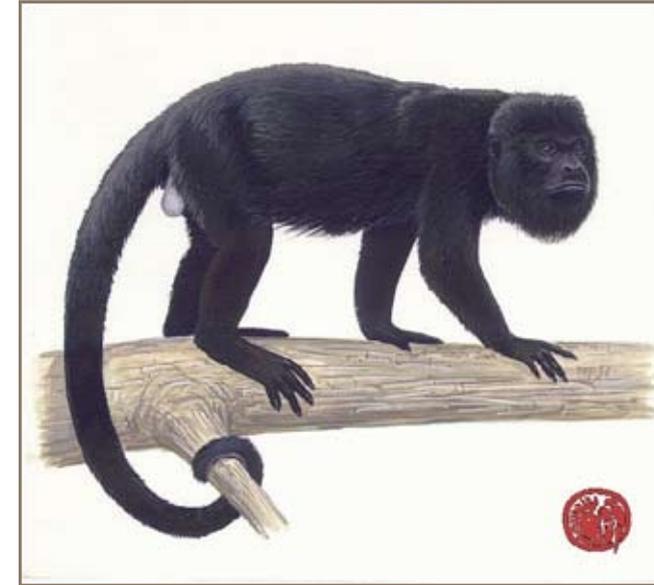
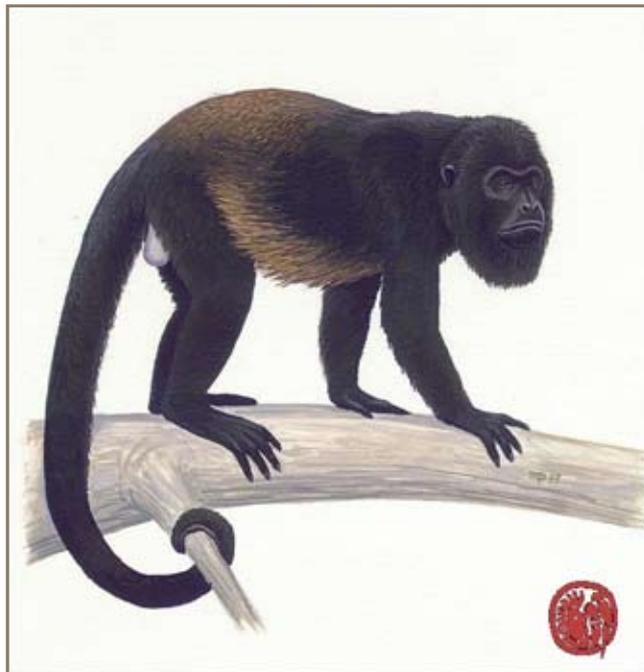


■  
Distribución de los  
primates en el mundo

■  
**Mono araña**  
*(Ateles geoffroyi)*  
Dibujo:  
Marco Antonio Pineda  
Banco de imágenes  
Conabio



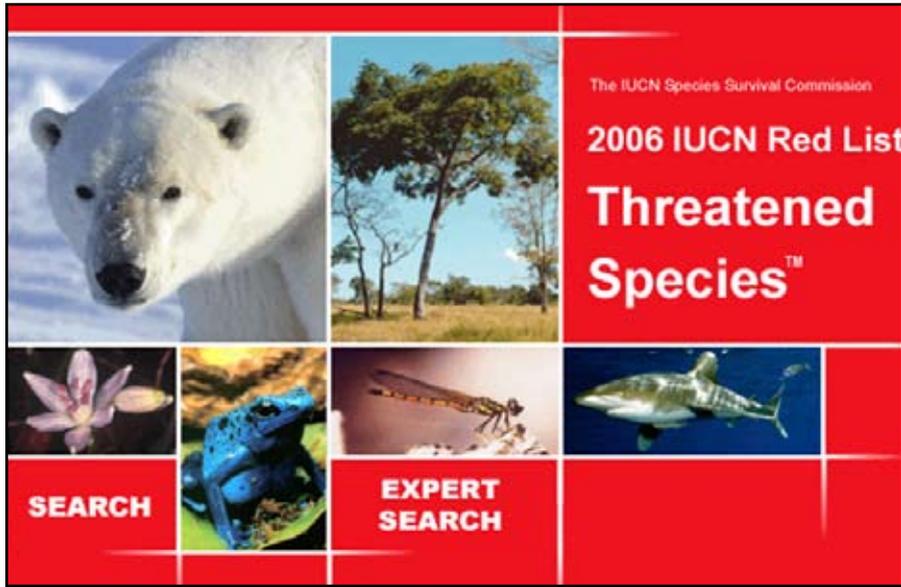
■  
**Mono aullador de manto**  
*(Alouatta palliata)*  
Dibujo:  
Marco Antonio Pineda  
Banco de imágenes  
Conabio



■  
**Mono aullador negro**  
*(Alouatta pigra)*  
Dibujo:  
Marco Antonio Pineda  
Banco de imágenes  
Conabio

Los primates, al igual que todos los organismos en un ecosistema, cumplen ciertas funciones dentro de su hábitat. Debido a su tipo de alimentación, son importantes dispersores de semillas, y por lo tanto juegan un papel esencial en los procesos de regeneración de selvas y bosques (*cf.* Arroyo-Rodríguez *et al.*, pág. 127, en este volumen), de ahí su importancia para la conservación de los ambientes naturales.

Desafortunadamente, el grupo de los primates se encuentra amenazado y varias de las especies que lo componen están en peligro de extinción. Según la Lista Roja de Especies Amenazadas, 98% de las especies de primates en el mundo están en riesgo, y son la cacería y la pérdida de hábitat las mayores presiones a las que se enfrentan. De igual forma, los tres primates mexicanos también están considerados como especies en peligro, pues se ha perdido más del 80% de su hábitat natural, como en el caso de los Tuxtlas, en donde el 8% de la selva ha desaparecido.



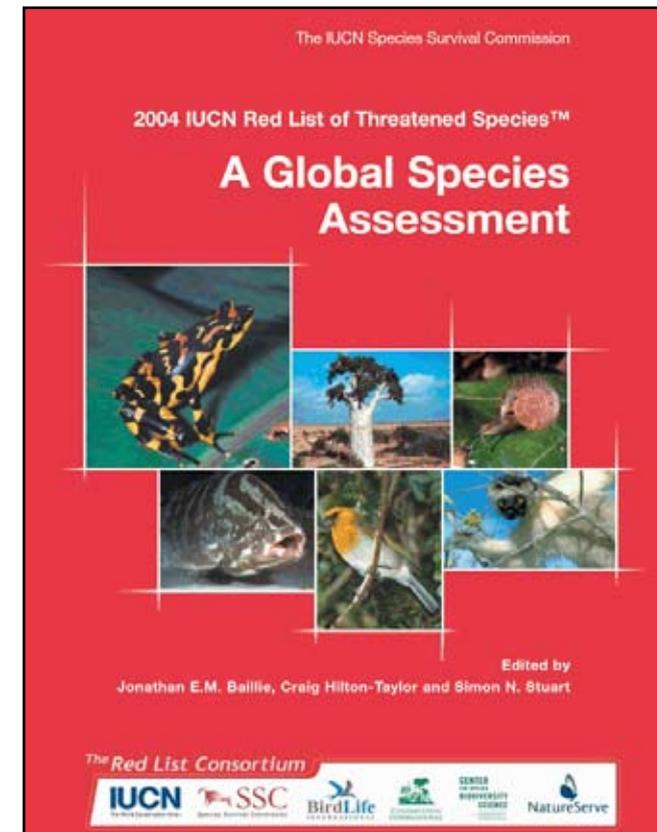
■ Lista Roja 2006, UICN

Los procesos de extinción y reducción de las poblaciones de primates son muy complejos y en ellos interviene una gran diversidad de factores biológicos, ambientales y sociales. Por este motivo son muy pocos los métodos aceptados que nos permitan hacer una evaluación precisa y confiable del estado de conservación de los primates.

El término estatus o estado de conservación se refiere a la probabilidad de que las poblaciones de una especie continúen existiendo en el futuro, indicando cuáles son los organismos que han sido más afectados por los cambios (naturales o provocados) en el ambiente. Evaluar el estado de conservación de las especies es una de las principales herramientas para establecer prioridades para la conservación. Dentro de este contexto, la ubicación de una especie en la categoría de riesgo adecuada es un proceso complejo y un factor muy importante al momento de realizar estrategias de conservación y planes de manejo, tanto a nivel global como regional.

## La Lista Roja de la UICN

Existen distintos sistemas, tanto nacionales como internacionales, para evaluar los peligros a los que está sometida una especie y determinar qué tan amenazada se encuentra. El más conocido y aceptado mundialmente es la Lista Roja de Especies Amenazadas, avalada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). La UICN es una organización cuyos objetivos principales son motivar y apoyar a las sociedades de todo el mundo a conservar la integridad y diversidad de la naturaleza, asegurando así que el uso de los recursos naturales sea equitativo y ecológicamente sustentable. Para este fin, se ha apoyado en la Comisión para la Supervivencia de Especies (SSC),



■ Portada de la Lista Roja 2004, UICN

cuyo papel principal es proveer a la UICN de "...la información necesaria para la conservación de la biodiversidad, sobre el valor inherente de las especies y su papel para el funcionamiento y estabilidad de ecosistemas, así como proveer servicios ecosistémicos para la subsistencia humana" (UICN, 2008).

El producto más importante de la SSC es la Lista Roja de Especies Amenazadas, la cual se ha convertido en una de las herramientas más importantes para planear estrategias de conservación, manejo y monitoreo, así como para la toma de decisiones (Rodrigues *et al.*, 2005). Se considera que la Lista Roja es el inventario más completo del estado de conservación de las especies de animales y plantas a nivel mundial, por lo que es reconocida como la guía de mayor autoridad. Las agencias gubernamentales, los departamentos de vida silvestre y las diversas organizaciones interesadas en disminuir la pérdida de la diversidad biológica basan muchas de sus propuestas en los datos publicados en esta lista. En la Lista Roja, la UICN maneja nueve categorías, tres de las cuales engloban a las especies que se consideran como amenazadas y se definen de la siguiente manera:

- Extinto (EX): cuando no queda ninguna duda razonable de que el último individuo existente de un **taxón** ha muerto.
- Extinto en estado silvestre (EW): cuando una especie sólo sobrevive en cautiverio o fuera de su distribución original.
- En peligro crítico (CR): cuando la mejor evidencia disponible indica que una especie cumple cualquiera de los criterios "A" a "E" (Cuadro 1) para *En peligro crítico* y, por consiguiente, está enfrentando un riesgo extremadamente alto de extinción.

- En peligro (EN): cuando una especie cumple cualquiera de los criterios "A" a "E" (Cuadro 1) para *En peligro* y, por consiguiente, está enfrentando un riesgo muy alto de extinción.
- Vulnerable (VU): cuando una especie cumple cualquiera de los criterios "A" a "E" (Cuadro 1) para *Vulnerable* y, por consiguiente, está enfrentando un riesgo alto de extinción.
- Casi amenazado (NT): cuando un **taxón** ha sido evaluado y no satisface ninguno de los criterios, pero está próximo a satisfacerlos en un futuro cercano.
- Poca preocupación (LC): cuando una especie, habiendo sido evaluada, no cumple ninguno de los criterios. Se incluyen en esta categoría taxones abundantes y de amplia distribución.
- Datos deficientes (DD): cuando no hay información adecuada sobre una especie para hacer una evaluación, directa o indirecta, de su riesgo de extinción.
- No evaluado (NE): una especie todavía no clasificada en relación a estos criterios.

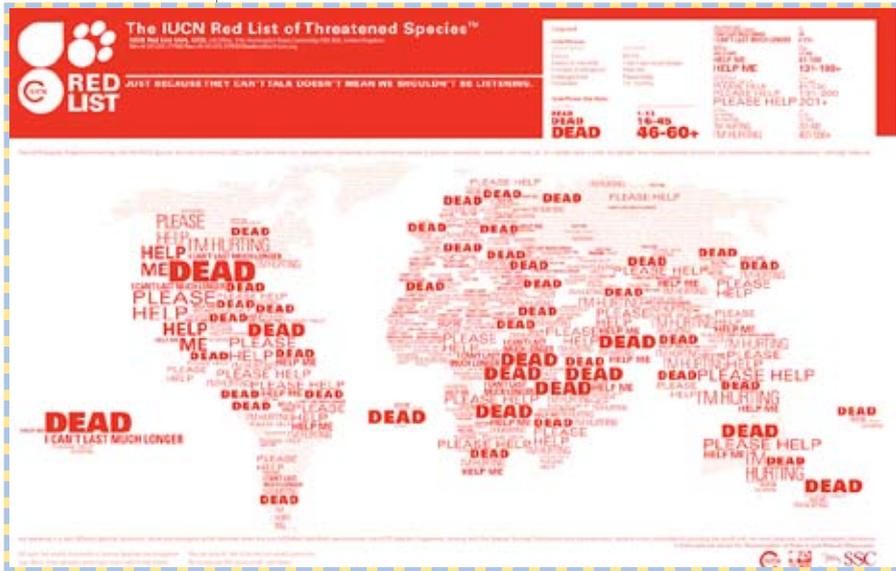
**Cuadro 1**

**Criterios para la categorización de especies en peligro de la Lista Roja de la UICN**

Criterios	En peligro crítico	En peligro	Vulnerable
<b>A. Reducción de la población en 10 años o 3 generaciones</b>			
• A1	≥90%	≥70%	≥50%
• A2, A3 y A4	≥80%	≥50%	≥30%
<b>B. Rango de distribución</b>			
• Extensión de ocurrencia	<100 km <sup>2</sup>	<5 000 km <sup>2</sup>	<2 000 km <sup>2</sup>
• Área de ocupación	<10 km <sup>2</sup>	<500 km <sup>2</sup>	<2 000 km <sup>2</sup>
<b>C. Tamaño de población</b>			
• Número de individuos maduros	<250	<2 500	<1 000
<b>D. Poblaciones naturalmente pequeñas</b>			
• Número de individuos maduros	<50	<250	<1 000
<b>E. Probabilidad de extinción</b>	≥50% en 10 años	≥20% en 20 años	≥10% en 100 años

Cada una de estas categorías de alto riesgo está definida por una serie de cinco criterios cuantitativos basados en factores biológicos, relacionados con el riesgo de extinción (Cuadro 1).

■ Clasificación de las especies en cuanto al riesgo de extinción



■ Campaña de sensibilización de UICN

## La Norma Oficial Mexicana

En México, para evaluar el estado de conservación de las especies a nivel nacional, la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) desarrolló la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, “Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo”. Esta lista es elaborada con el apoyo y participación de las instancias gubernamentales relacionadas con la vida silvestre y los recursos naturales, instituciones académicas y centros de investigación, así como sociedades y grupos de expertos en biodiversidad.

El objetivo de esta norma es identificar a las especies de flora y fauna en riesgo que hay en la República Mexicana y, con base en el cumplimiento de ciertos criterios, clasificarlas en una de las cuatro categorías que la conforman:

1. Probablemente extinta en el medio silvestre (E): aquellas especies nativas de México cuya documentación y estudios indican que han desaparecido dentro del territorio nacional, pero se conoce la existencia de ejemplares vivos en cautiverio o fuera del país.
2. En peligro de extinción (P): especies cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el territorio nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su supervivencia.
3. Amenazada (A): especies o poblaciones que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si

factores que inciden negativamente en su viabilidad siguen operando.

4. Sujeta a protección especial (Pr): especies o poblaciones que podrían llegar a encontrarse amenazadas, por lo que se determina la necesidad de protegerlas para conservarlas.

Para llevar a cabo la evaluación de las especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010, se utiliza el Método de Evaluación de Riesgo de Extinción de Especies Silvestres de México (MER), en el cual cada criterio tiene un valor numérico, dependiendo del nivel de intensidad con que se presente; la sumatoria de los valores de los criterios da como resultado la categoría de riesgo a la que pertenece la especie (Cuadro 2).

**Cuadro 2**

**Criterios para la aplicación del MER**

Criterios	Características	Valor
Amplitud de la distribución	Muy restringida (< 5% del territorio nacional)	4
	Restringida (5% < 15% del territorio nacional)	3
	Amplia (15% < 40% del territorio nacional)	2
	Muy amplia (> 40% del territorio nacional)	1
Estado del hábitat	Hostil o muy limitante	3
	Limitante	2
	Propicio	1
Vulnerabilidad biológica	Alta	3
	Mediana	2
	Baja	1
Impacto de la actividad humana	Alto	4
	Medio	3
	Bajo	2

**Crítica**

Debe reconocerse que, aunque los sistemas de evaluación se estén actualizando y mejorando constantemente, siguen basándose en datos estimados

y aproximaciones, por lo que es prácticamente imposible obtener información precisa sobre una especie (De Grammont y Cuarón, 2006). En muchas ocasiones, esto se debe a que los proyectos de investigación no cuentan con una estrategia metodológica que los oriente a la obtención de información útil para realizar las evaluaciones.

Por ejemplo, aun cuando los estudios primatólogicos de campo en México se han incrementado notablemente en los últimos años, todavía hay un gran vacío de información, tanto a nivel de **taxón** como de región geográfica, que nos impide clasificar, de forma definitiva, las especies que habitan en nuestro país.

Otro problema que surge con los mecanismos de evaluación es la falta de uniformidad entre sistemas, lo que puede dar lugar a clasificaciones distintas para la misma especie (Cuadro 3); esto llega a limitar los esfuerzos y recursos dirigidos hacia su conservación. De forma similar, la utilización de diferentes sistemas taxonómicos de clasificación determina si una especie o subespecie es incluida dentro de la evaluación o no, causando conflictos al momento de formular acciones conservacionistas.

**Cuadro 3**

**Categorización 2008 de Lista Roja de la UICN y estatus de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2001 de los primates mexicanos**

Especie	Categoría UICN	Categoría NOM-059-SEMARNAT
<i>Alouatta palliata mexicana</i>	En peligro crítico	En peligro (iii)
<i>Alouatta pigra</i>	En peligro	En peligro
<i>Ateles geoffroyi vellerosus</i>	En peligro crítico	En peligro
<i>Ateles geoffroyi yucatanensis</i>	Vulnerable	En peligro

Finalmente, la evaluación del estado de las especies y su hábitat difícilmente comprende los

diversos factores políticos, sociales y económicos que regulan la transformación territorial de los paisajes naturales, que resultan vitales para determinar el grado de amenaza de cualquier especie de primate.

Aunque en este trabajo se señalan sólo algunos de los puntos más sobresalientes de las evaluaciones de especies, basta para comprender que los sistemas de clasificación existentes aún presentan múltiples dificultades para determinar con precisión el estado de amenaza de una especie. Pero el mayor de los problemas es, quizás, que no se cuenta con la información necesaria para cada criterio; por este motivo es sustancial llenar los vacíos de información mediante estudios dirigidos, que se basen en los rubros requeridos por los sistemas evaluadores.

## EVOLUCIÓN DEMOGRÁFICA DE MONOS AULLADORES EN FRAGMENTOS DE SELVA EN LOS TUXTLAS

Jurgi Cristóbal-Azkarate, Cristina Domingo-Balcells,  
Jacob C. Dunn, Joaquim Veà-Baró

Las selvas de la región de los Tuxtlas, en el estado de Veracruz, al igual que las de muchos otros territorios a lo largo de los trópicos, han sufrido una gran deforestación y fragmentación, debido sobre todo a la ganadería y, en menor medida, a la agricultura. Hoy en día, se calcula que se ha perdido el 88% de la vegetación original en esta región, de la cual la mayoría persiste en forma de fragmentos de selva. Esto ha hecho que una parte

■ Paisaje fragmentado  
en los Tuxtlas  
Foto: Jorge Martínez  
Contreras



considerable de las poblaciones de mono aullador de manto mexicano (*Alouatta palliata mexicana*) en los Tuxtlas se hayan visto forzadas a habitar fragmentos de selva, lo que desgraciadamente también ocurre a lo largo de gran parte de su distribución. Este primate es arborícola, lo que hace que la fragmentación de la selva limite tanto su capacidad de dispersión como la disponibilidad del alimento que consume. Como consecuencia, el mono aullador de manto mexicano está clasificado como en peligro crítico de extinción por la UICN (*cf. Rodríguez-Luna et al.*, pág. 15, en este volumen).

A mediados de los ochenta, algunos de los pioneros en la investigación primatológica en México lanzaban la voz de alarma sobre la amenaza que la fragmentación de la selva mexicana suponía para la conservación de los primates, lo que derivó en numerosos estudios sobre primates en fragmentos. No obstante, a la fecha son muy escasos los trabajos que informan sobre el desarrollo de las poblaciones de monos aulladores mexicanos en paisajes fragmentados. Además, la mayor parte de la información publicada sobre reproducción, mortalidad y migraciones de estos primates en paisajes fragmentados es indirecta (*e.g.*, Solórzano *et al.*, 2010). Esta información es indispensable para monitorear el estado de las poblaciones de estos primates, y entender cómo el hecho de que vivan en fragmentos de selva en lugar de en selva continua ha incidido en su desarrollo y en su conservación a largo plazo.

En este capítulo presentamos información demográfica y de desarrollo de 11 grupos de monos aulladores mexicanos, recabada entre 2000 y 2010, en un paisaje fragmentado de la región norte de la Reserva de la Biósfera los Tuxtlas.



■  
**Hembra *A. palliata***  
Foto: Ariadna Rangel Negrín

El mono aullador de manto mexicano presenta una distribución natural desde el sureste de México hasta el sur de Guatemala. Las poblaciones de los Tuxtlas son las más norteñas. En esta especie los juveniles, tanto machos como hembras, normalmente abandonan sus grupos de nacimiento. Los machos lo hacen entre los 15 y los 36 meses de edad, y las hembras un poco más tarde, entre los 24 y los 40 meses. Los machos pueden pasar hasta cuatro años en solitario; las hembras, por su parte, pueden vivir en solitario hasta un año antes de unirse a un grupo o formar uno nuevo.

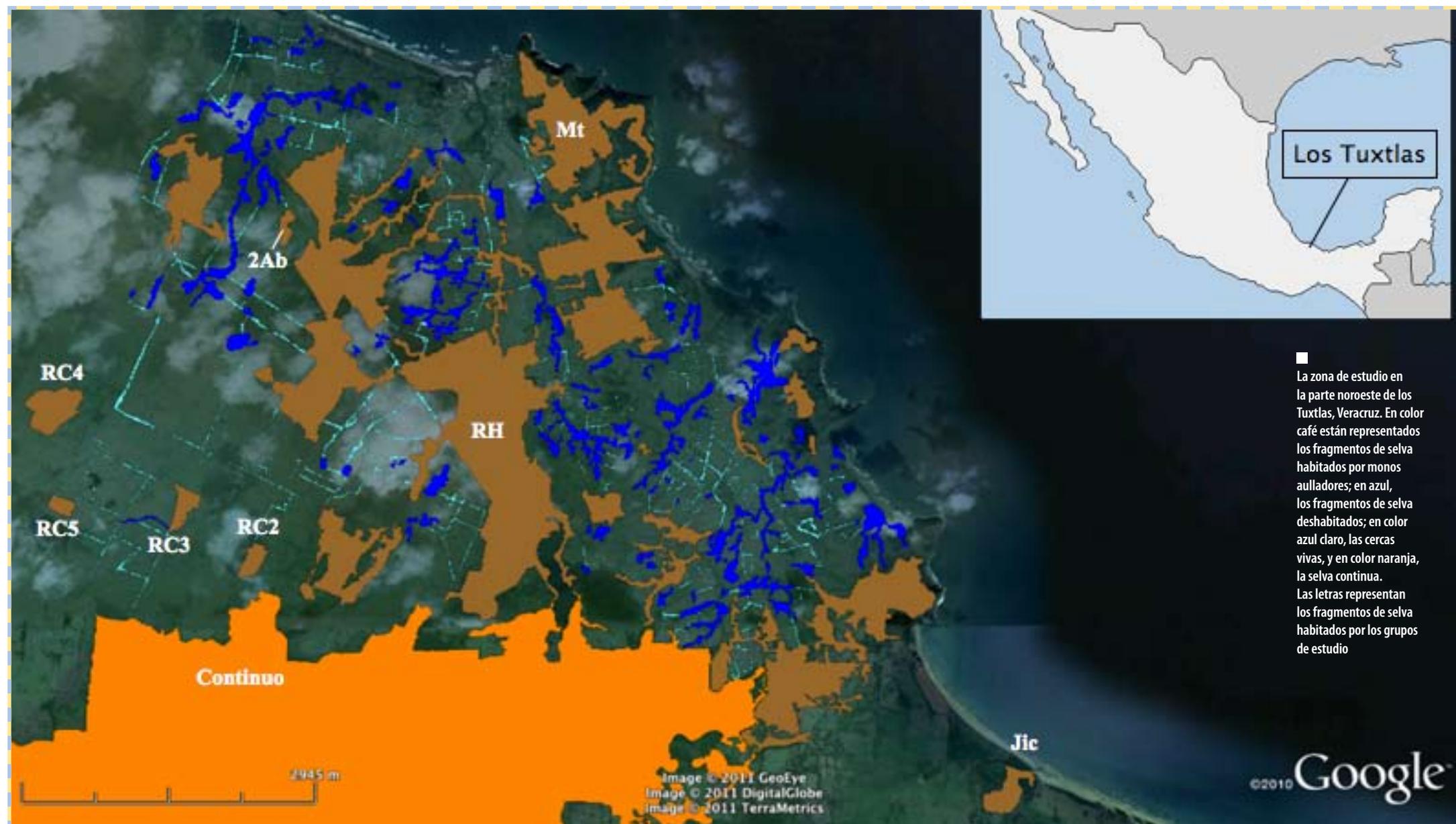
### **Estudio de la demografía**

La zona de estudio está situada en la parte noroeste de la Reserva de la Biósfera los Tuxtlas, al norte del volcán San Martín Tuxtla, en el estado de Veracruz. Tiene una superficie aproximada de 7 500 ha, y está muy fragmentada, pero mantiene, a su vez, un alto grado de conectividad con muchas **cercas vivas, vegetación riparia** y

árboles aislados. El proceso de deforestación de la selva ocurrió de forma intensa entre los años 1976-1986, por lo que se considera que los fragmentos que se observan en la actualidad datan de esa época. La selva alta perennifolia con distintos grados de perturbación es la vegetación original de estos fragmentos.

Entre los años 2000-2001, en la zona de estudio se identificaron 21 fragmentos habitados por monos aulladores, con una población

mayor a 300 individuos y 43 grupos (Cristóbal-Azkarate *et al.*, 2005). Durante los últimos diez años, la Universidad de Barcelona y la Universidad Veracruzana han realizado numerosos estudios primatológicos de varios grupos de monos aulladores en esta zona, para recabar información de características como tamaño, composición y ocurrencia de eventos demográficos.



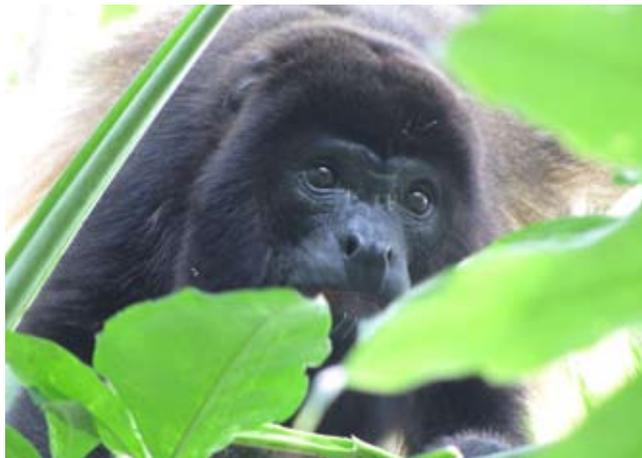
## Colecta de datos

En este capítulo se presenta información demográfica de 11 grupos, obtenida de un total de 649 visitas regulares (mensuales y quincenales), durante el periodo 2000-2010.

De estos 11 grupos, 10 habitan nueve fragmentos en solitario o con otros grupos, y uno habita la zona núcleo de la reserva considerada, por su tamaño, selva continua.

En cada una de las visitas realizadas se identificaron los integrantes de los grupos por sus patrones de manchas, cicatrices y otras características físicas. Cada vez que un individuo nuevo era avisado se estimaba su edad. A lo largo de las visitas se registraron los nacimientos, inmigraciones, emigraciones y muertes acontecidas en los grupos. Se consideró que un individuo había muerto cuando: 1) fue hallado su cadáver; 2) dejó de ser visto siendo lactante dependiente; 3) no siendo lactante dependiente, dejó de ser visto y la última vez que fue observado presentaba lesiones graves, signos de enfermedad o fatiga. Si estas condiciones no eran verificadas, se consideraba que el individuo había

■  
**Macho**  
Foto: Milagros González  
Hernández



■  
**Mono aullador  
de manto y cría**  
Foto: Milagros González  
Hernández

emigrado del grupo. Finalmente, hubo casos en los que no se pudo determinar si los individuos habían muerto o habían emigrado porque se dejó de visitar al grupo por más de un mes. Estos individuos fueron clasificados como desaparecidos.

## Nacimientos

Para calcular la tasa anual de nacimientos de los grupos, se determinó el número mensual medio de nacimientos y se dividió entre el número mensual medio de hembras adultas en los grupos. Se calculó la tasa de natalidad media para cada grupo por separado, considerando sólo los grupos y años en que hubo datos suficientes.

Hubo grupos que no presentaron nacimientos en algunos años, mientras que otros presentaron tasas de natalidad igual a 1, es decir, que todas las hembras en edad reproductiva del grupo parieron en ese año. Ambos valores son más probables en grupos con pocas hembras. No se encontraron diferencias entre las tasas de natalidad promedio de los distintos grupos. En total se registraron 73 nacimientos.

## Cuadro 4

### Desarrollo demográfico de 11 grupos de mono aullador de manto en los Tuxtlas

Grupo	Periodo	Crec	Crec A	N	ANG	Emi	Des	P emi	Inm	M
Mt1	2000-2011	17	14	16	2H	20	0	0	22	3
Mt2	2000-2011	0	-1	13	1M	12	10	9	7	3
RC3	2000-2011	0	-1	11	0	10	3	1	6	3
2Ab	2001-2011	1	-2	8	1M	8	2	1	4	1
Jic	2001-2011	7	6	3	1H	0	0	0	4	0
RH	2001-2011	2	0	12	1H	3	3	3	1	4
RC5	2007-2011	0	0	3	0	3	0	0	1	1
Continuo	2009-2011	2	2	3	0	1	0	0	1	0
RC2	2004-2005	2	2	5	0	6	1	0	5	2
RC4 (1)	2004-2005	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
RC4 (2)	2004-2005	-1	-1	2	0	1	0	0	0	1
<b>TOTAL</b>		<b>29</b>	<b>20</b>	<b>76</b>	<b>6</b>	<b>64</b>	<b>19</b>	<b>14</b>	<b>51</b>	<b>18</b>

Crec = crecimiento; Crec A = crecimiento adultos; N = nacimientos; ANG = adultos nacidos en el grupo; Emi = emigraciones; Des = desapariciones; P Emi = probables emigraciones (individuos que desaparecieron con edad superior a 13 meses); Inm = inmigraciones; M = muertes.

### Muertes

Se registraron 18 muertes en total. De éstas, el 67% fueron de individuos lactantes, de los cuales el 67% murieron antes de los 4 meses de edad, el 25% entre los 4 y 8 meses de edad y el 8% a los 10 meses de edad. Directamente, sólo se observó la muerte de un infante; tenía aproximadamente un mes de edad y murió después de que su madre fue atacada. Otro infante murió después de que su madre fue dada por muerta. En el caso de las muertes en edades mayores, de individuos independientes nutricionalmente, sólo se encontró el cadáver de una hembra adulta, la cual fue atacada probablemente por otro mono aullador, aunque no podemos descartar la posibilidad de un ataque por depredador. Otro macho fue considerado muerto después de ser atacado brutalmente por dos machos inmigrantes, mientras que dos machos



**Mono aullador infante**  
Foto: Jurgi Cristóbal Azkarate

y un juvenil de 21 meses fueron dados por muertos porque la última vez que fueron vistos mostraban síntomas de enfermedad y dificultad para seguir a sus grupos. Una hembra dejó de ser vista en el grupo sin síntomas de enfermedad o lesiones, pero se consideró que había muerto porque en el momento de su desaparición tenía a su cría lactante de 10 meses de edad, y es muy improbable que una madre abandone a una cría dependiente. Esta cría murió al cabo de pocos días.

### Inmigraciones

Todos los grupos estudiados por más de un año presentaron inmigraciones. En total, se registraron 51 inmigraciones a los grupos de estudio. El 88.2% fueron adultos, en similar proporción de sexos. La inmigración se produjo en solitario en el 37.3% de los casos, mientras que el 51% inmigraron en conjunto con otros individuos en parejas o tríos, y en el 11.7% restante de los casos no se logró establecer el contexto de la inmigración. De

los individuos que inmigraron antes de presentar características sexuales observables, únicamente un juvenil inmigró solo, el resto lo hizo con sus madres. Sólo se detectaron dos casos en los que la entrada de individuos provocó heridas conspicuas a miembros del grupo: en la primera, dos machos inmigrantes mataron a un macho grupal, y en la segunda, una hembra residente de un grupo atacó a una hembra inmigrante, dejándola con heridas superficiales.

En siete casos se pudo determinar que los individuos inmigrantes habían pertenecido al grupo, es decir, regresaron al grupo del cual habían salido antes.

### Emigraciones

Al igual que con las inmigraciones, todos los grupos estudiados por más de un año registraron emigraciones. En total se detectaron 64 emigraciones, incluyendo individuos de todos los estadios de desarrollo. Del total de emigraciones, 73.4% fueron definitivas (sólo se pudo comprobar que una hembra adulta cambió de grupo, mientras que no se obtuvo información del paradero de los demás emigrantes después de la emigración), 11% de las emigraciones fueron transitorias (*i.e.*, el individuo dejó el grupo temporalmente pero regresó de nuevo), 15.6% emigraron en bloque, lo que derivó en la fisión de un grupo en dos grupos funcionales.

El 50% de las emigraciones fueron de individuos adultos, observándose una tendencia hacia emigraciones más frecuentes de hembras adultas (66%), que de machos adultos (34%). La emigración se produjo en solitario en el 40.6% del total de emigrantes, mientras que el 56.3% emigraron en

asociaciones de entre 2 y 10 individuos de composición variable, y en el 3.1% restante de los casos no se logró establecer el contexto de la emigración.

### Desarrollo demográfico

Tanto en términos de individuos totales como de individuos adultos, únicamente dos grupos (MP1 y Jicacal) mostraron un crecimiento marcado, mientras que el resto se mantuvo relativamente estable. Los fenómenos de dispersión (115 casos) fueron los principales mecanismos de cambio en la composición de los grupos, seguidos por los nacimientos (76 casos), y en menor medida por las muertes (18 casos).

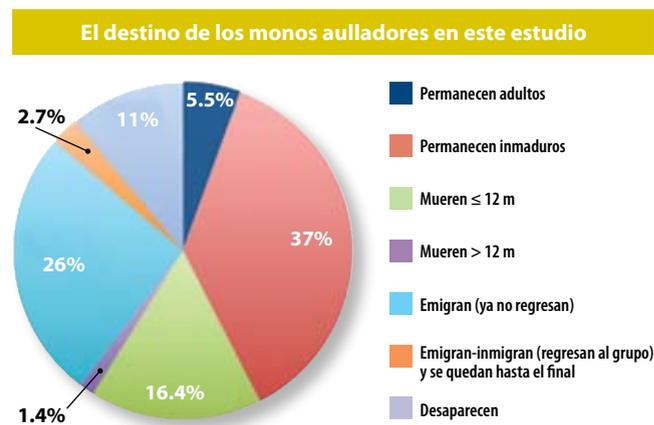
Al comparar el número de emigraciones con el de inmigraciones (exceptuando los grupos MP1 y Jicacal), se presentaron más emigraciones que inmigraciones. Si consideramos, además, a los individuos desaparecidos con más de 13 meses como emigrantes (a partir del año de edad son escasos los individuos que mueren), esta diferencia aumenta de forma significativa a favor de las emigraciones,



■ Hembra joven solitaria  
Foto: Milagros González  
Hernández

de manera que en general pudiera haber un 53% más de emigraciones que de inmigraciones.

El 37% de los individuos nacidos en los grupos de estudio permanecieron en ellos hasta el final de las observaciones en forma de inmaduros, y un 5.5% se convirtieron en adultos que nunca emigraron. El 26% de los individuos nacidos en los grupos emigraron permanentemente, y sólo dos individuos (2.7%) regresaron a su grupo natal tras emigrar y pasar un tiempo como solitarios. El 17.8% de los individuos nacidos en los grupos murieron, 16.4% antes de completar un año de edad. No pudimos determinar el destino del 11% de los individuos nacidos en los grupos, esto es, si emigraron o murieron.



### Implicaciones para la conservación de los monos aulladores en los Tuxtlas

El mono aullador mexicano está en peligro crítico de extinción y la región de los Tuxtlas es uno de los últimos lugares donde todavía puede encontrarse. A pesar del decreto de Reserva de la Biósfera y la prohibición de tala y caza en la región, no observamos una recuperación de las poblaciones de mono

aullador en la zona de estudio. Por tanto, es urgente poner en marcha un plan dirigido a fomentar el crecimiento de las poblaciones de mono aullador mexicano para asegurar la conservación a largo plazo de este primate en la región.

Dos parámetros clave para el desarrollo de las poblaciones son la natalidad y la mortalidad durante el primer año de vida. En este sentido, las tasas de natalidad y mortalidad observadas en este estudio durante el primer año de edad coinciden con las reportadas en estudios anteriores en poblaciones estables de monos aulladores. Los esfuerzos de conservación deberían estar dirigidos al incremento de la tasa de natalidad y a la disminución de la de mortalidad, ya que cuando hay más nacimientos y menos muertes, la probabilidad de que las poblaciones crezcan se incrementa.

A través de este estudio se pudo observar que a pesar del aislamiento de los fragmentos existió una gran cantidad de fenómenos de dispersión (emigraciones e inmigraciones) en todos los grupos de monos aulladores estudiados por más de un año. Esto muy probablemente se deba a la abundancia de **cercas vivas**, árboles aislados y **vegetación**



**Hembras con crías**  
Foto: Milagros González Hernández

**riparia** presente en nuestro paisaje, que favorecen los procesos de dispersión. Ésta es una noticia muy buena, pues sugiere que existe un intercambio genético entre los grupos de monos aulladores que habitan nuestra zona de estudio, lo cual es clave para reducir los efectos negativos de la **endogamia**.

Se observaron en general más emigraciones que inmigraciones. Esto podría deberse a que en nuestra zona de estudio las poblaciones de monos aulladores están en un proceso de formación de nuevos grupos, y/o ser consecuencia de muertes durante la dispersión. El fenómeno de formación de nuevos grupos se da cuando las densidades de monos aulladores son bajas, pero en nuestra zona de estudio éstas son mayores al doble de las reportadas en otros lugares. Por lo tanto, nuestros resultados sugieren que existe una alta mortalidad durante la dispersión, la cual puede ser de hasta un 53%. La elevada mortalidad podría estar asociada a la necesidad de viajar a través de los poteros para poder buscar nuevos grupos, lo que hace a los individuos más vulnerables a los depredadores y a las enfermedades. Por otra parte, las altas densidades de monos existentes en nuestra zona de estudio limitan las posibilidades de formar nuevos grupos, e incluso pueden dificultar la entrada de nuevos monos a los grupos ya formados debido a la alta competencia por el alimento. El hecho de que la mayoría de los inmigrantes sean adultos y sea igual el número de emigrantes, tanto adultos como inmaduros, dificulta la entrada a los grupos y ocasiona además intensas peleas. Finalmente, prácticamente el 8% de los individuos nacidos en los grupos o bien nunca dejaron el grupo de origen, o regresaron a él después de un periodo en solitario.

Para fomentar el desarrollo de las poblaciones de mono aullador en los Tuxtlas sería necesario, primero, el aumento de la conexión entre los fragmentos de selva habitados, los no habitados y la selva continua y, segundo, el aumento del tamaño de los fragmentos de selva. A través de estas iniciativas se facilitarían los procesos de dispersión de los monos aulladores, y se aumentaría la superficie de selva disponible para ellos, reduciéndose así la densidad poblacional e incrementándose la disponibilidad de alimento; todo lo cual se ha visto que favorece el incremento de la tasa de natalidad y la reducción de la mortalidad infantil.

Además, tal y como se mencionó, la reducción de las densidades de monos aulladores en la región también facilitaría la formación de nuevos grupos, y la inmigración de individuos solitarios, disminuyendo así la mortalidad durante la migración, ya que los individuos necesitarían pasar menos

■  
Higuera  
estranguladora  
*Ficus sp.*  
Foto: Norberto Asensio

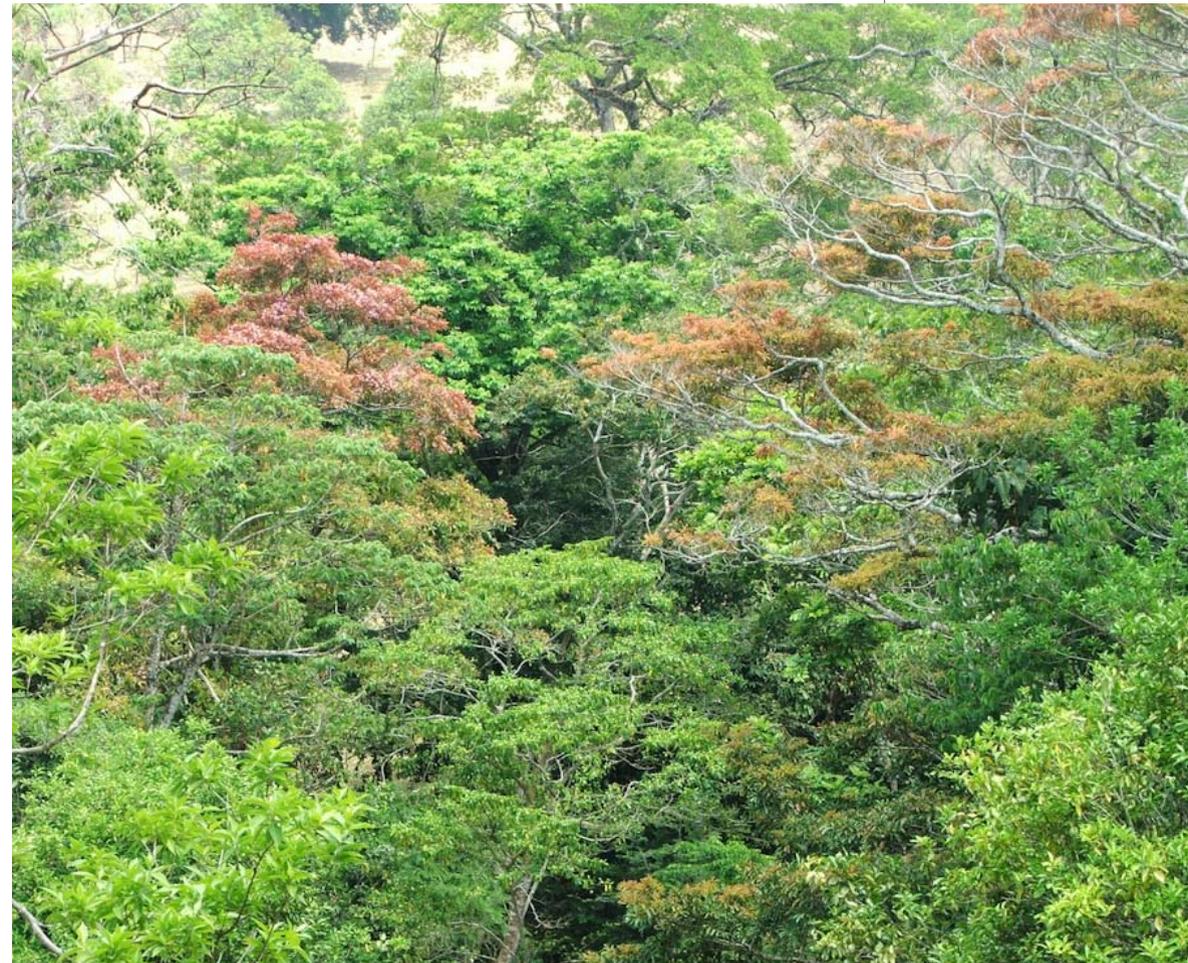


tiempo solitarios, periodo durante el cual son más vulnerables a la depredación y no tienen acceso a fuentes preferenciales de alimento. Finalmente, al mejorar la conectividad mediante la creación de corredores se reduciría el riesgo de depredación de los individuos solitarios y se facilitaría su dispersión hacia nuevas zonas, disminuyendo así la mortalidad durante la dispersión.

Para incrementar la conectividad del paisaje son claves las **cercas vivas**. Iniciativas como evitar podas periódicas encaminadas a reducir la sombra o aumentar su anchura, plantando especies como *Leucaena leucocephala* y *Brosimum alicastrum*, que puedan ser alimento para los primates, pero también para el ganado cuando los pastos escaseen, podrían beneficiar tanto a los primates, como a los ganaderos. Además, estas cercas serían una protección contra los vientos, ayudando a la reducción de la erosión del suelo, lo cual favorecería a los ganaderos. De cualquier forma, estas medidas no tendrán éxito si los lugareños no se comprometen a proteger a los primates y a no molestarlos o atacarlos mientras utilizan estos corredores. Por otro lado, la reforestación dirigida a ampliar el hábitat de los monos aulladores podría ser realizada con especies pioneras como *Cecropia obtusifolia* o *Vitis tiliifolia* y especies del género *Ficus*, todas reportadas como alimento para estos primates. Las primeras crecen rápido y podrían ser alimento de los monos aulladores a corto plazo, mientras que las del género *Ficus*, de crecimiento más lento, lo serían a mediano y largo plazos. Además, el desarrollo de estas especies crearía las condiciones microclimáticas necesarias para el desarrollo de especies de selva madura, también importantes para la dieta de los monos aulladores a largo plazo.

En resumen, este estudio sobre el desarrollo demográfico de las poblaciones de mono aullador mexicano en la región norte de la Reserva de la Biósfera los Tuxtlas ha permitido constatar que éstas no están creciendo. De ahí la necesidad de implementar un plan de conservación para aumentar la natalidad y reducir la mortalidad infantil, considerando la dispersión de estas poblaciones. El plan deberá basarse en el incremento de la conectividad del paisaje y en el aumento del hábitat disponible para estos primates, a través de una reforestación estratégica.

■  
Vegetación en los  
Tuxtlas  
Foto: Pedro Dias



## CONTRIBUCIONES AL CONOCIMIENTO DE LOS PRIMATES DE TABASCO

Juan Carlos Serio-Silva, Gilberto Pozo-Montuy, Magali Bonilla-Sánchez, Francisca Vidal-García, Luis García-Feria, Rosalía Pastor-Nieto, Fabiola Espinosa-Gómez, Hilda María Díaz-López, Ricarda Ramírez-Julián, Arturo Barbachano-Guerrero, Antonio Acini Vázquez-Aguilar

Tabasco es un estado del sureste de la República Mexicana que tiene un área de 24 738 km<sup>2</sup>, y constituye el 1.3% de la superficie del país. El clima es predominantemente cálido húmedo con abundantes lluvias en verano. En toda esta zona el agua es un recurso muy abundante y la lluvia está presente a lo largo del año. En la entidad se concentra la tercera parte del agua del país. El sistema fluvial de Tabasco se constituye principalmente con los caudales de los ríos Usumacinta y Grijalva.

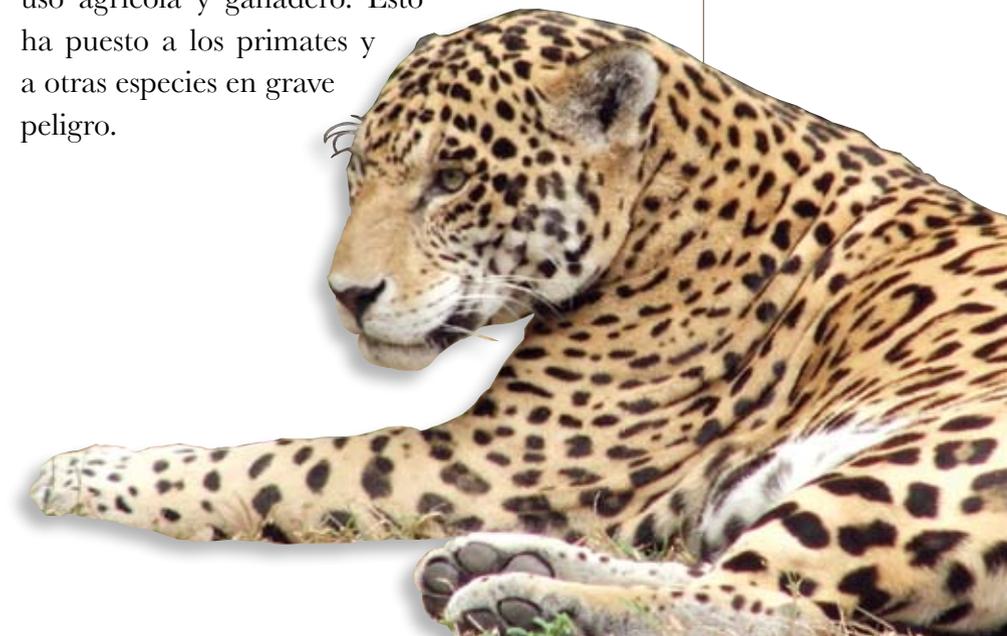
■  
Río Usumacinta  
Foto: Ariadna Rangel Negrín



Un elemento emblemático de Tabasco es su fauna, tanto por su abundancia como por su encanto. Entre la diversidad de especies que se localizan en las áreas de selva, que aún existen en el estado, se pueden observar guacamayas, tucanes, iguanas, garrobos, venados, tepezcuintles, jaguares, ocelotes y muchos más. Pero, sin duda alguna, las especies de primates sobresalen entre todas las demás del paisaje tabasqueño. Sólo en esta entidad se ha documentado la presencia de las tres especies de primates mexicanos, y es común localizarlos en las márgenes del río Usumacinta (*Gran Mono Sagrado*) o en las áreas de **vegetación riparia** de alguna de sus múltiples zonas de agua (afluentes y lagunas). Estas tres especies destacan por su tamaño, comportamiento y, en el caso de los monos aulladores, por las fuertes vocalizaciones que los caracterizan y que se pueden escuchar a varios kilómetros de distancia.

Desafortunadamente, hoy en día, la acelerada pérdida y la constante degradación de selvas y bosques en nuestro país y, sobre todo, en el sureste mexicano, han provocado que el hábitat esté siendo fragmentado y transformado en tierras de uso agrícola y ganadero. Esto ha puesto a los primates y a otras especies en grave peligro.

■  
Jaguar  
Foto: Ariadna Rangel Negrín





■ **Potrero**  
Foto: Juan Carlos Serio  
Silva

### Un centro de operaciones para primatólogos en Tabasco

En sus inicios, la primatología mexicana se centró principalmente en los estudios de campo de la región de los Tuxtlas, al sureste de Veracruz, mientras que de los primates de los estados de la Península de Yucatán, Oaxaca, Chiapas y Tabasco se tenía muy poca información.

Debido a la importancia que representa el hecho de que las tres especies de primates que habitan en México compartan sus distribuciones en el estado de Tabasco, desde 1999 se comenzó a trabajar en la zona, con el fin de conocer y evaluar diferentes aspectos de la biología del mono aullador negro, que era la especie de primate mexicano de la que menos información biológica se poseía. Se estableció como base de operaciones el municipio de Balancán, donde se ha recabado información

muy valiosa y se han realizado estudios detallados sobre la demografía, el estado de conservación de las poblaciones y su hábitat, las respuestas ecológicas, conductuales y fisiológicas a la fragmentación extrema, la exposición a vectores de **enfermedades emergentes** y el modelado predictivo de su distribución, entre otros aspectos.

Recientemente, se ha consolidado la investigación en esta zona con el establecimiento de la Estación de Investigación Primatológica y de Vida Silvestre, que permite formar nuevas generaciones de estudiantes comprometidos con el estudio de estas especies. Varios de ellos han surgido de los Cursos de Primatología de Campo que nuestro grupo de investigación ha ofrecido con muy buenos resultados en diversas oportunidades. Asimismo, las gestiones con autoridades locales, agricultores, ganaderos e iniciativa privada han permitido implementar una serie de apoyos directos para la conservación y restauración de las zonas en las que viven estos primates. De la misma manera, se ha interactuado con la población de las localidades, mediante talleres, exposiciones fotográficas, conferencias y eventos de divulgación, para mostrar de una manera sencilla la importancia de la conservación de los primates y de su hábitat natural.

Los esfuerzos se han concentrado siempre en el entendimiento de la situación actual de los primates en la región, pero también a favor de su conservación. Estos estudios, sin duda, sirven como precedente para planear estrategias que permitan la protección de éstas y otras especies.

■ **Hembra juvenil de mono aullador negro, en Tabasco**  
Foto: Ariadna Rangel Negrín



## Estudios enfocados a conocer a los saraguatos

### Los censos poblacionales

Desde 2004, se han realizado censos poblacionales para conocer el estado demográfico de los monos aulladores negros en los municipios de Playas de Catazajá (al norte de Chiapas), Emiliano Zapata, Balancán y Tenosique (al sur de Tabasco). Se han explorado 165 fragmentos de selva, cubriendo un área total de 2 355 ha dentro de esta región que constituye la cuenca baja del río Usumacinta (Pozo-Montuy, 2003; Bonilla-Sánchez, 2006).

Hasta el momento, han sido contabilizados 1 806 individuos que viven en 354 tropas (45 individuos son solitarios). En las tropas, el 28% de los individuos son machos adultos, el 36% hembras adultas, el 9.7% machos juveniles, el 10.4% hembras juveniles, el 7.1% machos infantes y el 5.6% hembras infantes. Se encontró también que, en promedio, las tropas están compuestas por  $5.4 \pm 2.1$  individuos, variando el número de individuos entre 2 y 13.



■ Macho *A. pigra*

Foto: Milagros González Hernández

### Cuadro 5

Monos aulladores negros censados en la región de la cuenca baja del río Usumacinta, desde 2004

Lugar	Frag. ocupados	Tropas	Individuos	Solitarios	TOTAL
Playas de Catazajá (Chiapas)	70	129	639	11	650
Emiliano Zapata, Balancán y Tenosique (Tabasco)	95	95	1 152	38	1 190

Se ha detectado que los monos se alimentan de 39 especies diferentes de plantas de la región, indicativo que muestra la importancia que tienen como dispersores de semillas.

### *Alouatta pigra* habitando en plantaciones de eucalipto: comportamiento y uso de espacio

Sin duda, como ejemplo de los problemas que han tenido que enfrentar las especies en la región, se encuentra el estudio realizado en el municipio de Balancán por Díaz-López (2010), en el que se observó que los monos aulladores hacían uso de las estructuras arbóreas en plantaciones forestales de eucalipto, por lo que se decidió estudiar su patrón de actividades, así como analizar las plantas que estaban consumiendo en un espacio tan reducido y con limitada diversidad florística.

Se dio seguimiento a dos tropas que estaban viviendo en diferentes fragmentos del municipio y que hacían uso de los árboles de las plantaciones agroforestales de eucalipto, y se encontró que la plantación de eucalipto fue el hábitat donde pasaron la mayor parte del tiempo. También pudo determinarse que estos grupos consumían 46 especies vegetales de la región.

■  
**Monos aulladores en  
plantación de eucalipto**  
Foto:  
Juan Carlos Serio Silva



Este estudio demostró que las plantaciones pueden ser utilizadas como sitios de descanso, como paso para otro tipo de vegetación o como soporte para la obtención de alimento. También permitió comprobar la alta tolerancia de esta especie a la fragmentación y la plasticidad conductual y alimentaria que ha facilitado su aclimatación en fragmentos de vegetación de tamaños muy variables.

### **Las travesías en los pastizales y las cercas de alambre**

Al parecer, los monos aulladores han desarrollado una serie de estrategias para sobrevivir y enfrentarse a desafíos ecológicos asociados a los

ambientes cambiantes. Esto se hace evidente al ser capaces de sobrevivir en áreas con un alto grado de fragmentación, como las que se presentan en el municipio de Balancán, donde la transformación y el cambio de uso de suelo han provocado que las selvas hayan sido sustituidas por pastizales. Esta situación tan extrema es la causa del aislamiento y la limitación de recursos para las poblaciones de monos y otros animales silvestres.

Diversos estudios han revelado que los monos del género *Alouatta* hacen ajustes conductuales para reducir el gasto energético y explorar nuevos elementos alimenticios presentes o introducidos en sus áreas de distribución. Los cambios conductuales específicos que tienen lugar en las tropas que viven en fragmentos son variados y en ocasiones contrastantes.

Ramírez-Julián (2010) cuantificó la ocurrencia de las caminatas por el suelo, así como la locomoción usando las cercas de alambre y los matorrales. Éstas son consideradas conductas inusuales en los monos aulladores, pues son especies completamente arborícolas y viven en la copa de árboles de más de 20 m de altura.



■  
**Mono aullador negro  
con cría caminando por  
alambre de púas**  
Foto: Ariadna Rangel  
Negrín

Estas conductas se presentan debido a que los remanentes de selva se encuentran muy separados unos de otros y los monos necesitan encontrar alimento, refugio y sitios de descanso, razón por la cual tienen que bajar de los árboles y, literalmente, “torear” vacas, cerdos y otros animales domésticos o incluso “ser equilibristas” para poder llegar de un lugar a otro a través de las cercas de alambre. Al tener que realizar estos desplazamientos por un sitio diferente al dosel de los árboles, los primates corren un grave peligro, ya que están más propensos a ser presa de algunos depredadores (coyotes o pequeños felinos), además de que tienen más probabilidad de involucrarse en ciclos de ectoparásitos (garrapatas) y endoparásitos (gusanos intestinales).

Se observó la conducta de cinco tropas de monos aulladores negros que vivían en pequeños remanentes de vegetación (menores de 4 ha) con diferentes características estructurales, ubicados en una matriz de pastizales en Balancán. Se realizaron observaciones durante las temporadas de secas y de lluvias contabilizando la frecuencia, duración y longitud de dichos desplazamientos.

La locomoción inusual fue más frecuente durante la temporada de lluvias (registrándose hasta 20 eventos), con un promedio de distancias recorridas de 259.2 m durante la temporada de lluvias y de 103.3 m durante las épocas de secas.

### Cuadro 6

Características de los eventos de locomoción no arbórea observados en tropas de monos aulladores negros en cinco sitios de estudio en Balancán

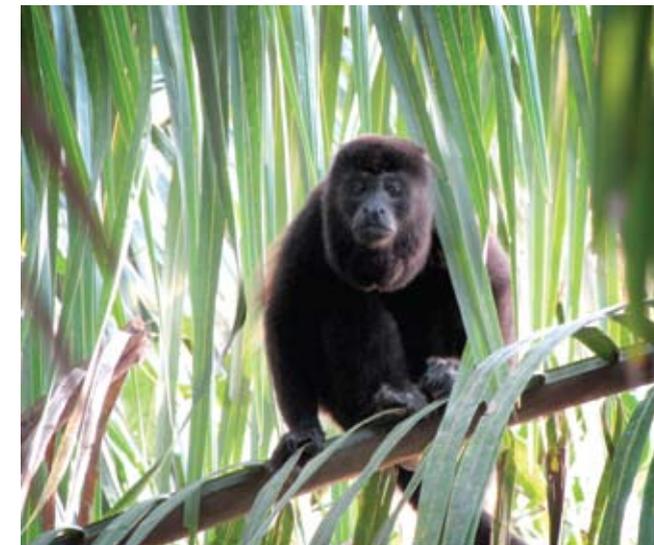
	Sitio I		Sitio II		Sitio III		Sitio IV		Sitio V	
	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas
Núm. caminatas	-	2	2	1	20	6	17	6	4	5
Duración (min)	-	0.5	8.5	8	3.7	1	6.2	4	3.1	2
Distancia (m)	-	36	104.1	80.3	268.1	27.4	342.7	212.3	321.9	160.6

Estudios de este tipo han permitido conocer algunos de los ajustes conductuales que los monos aulladores usan como estrategia para lidiar con el alto grado de fragmentación y la escasez de hábitat y alimento de los lugares que habitan.

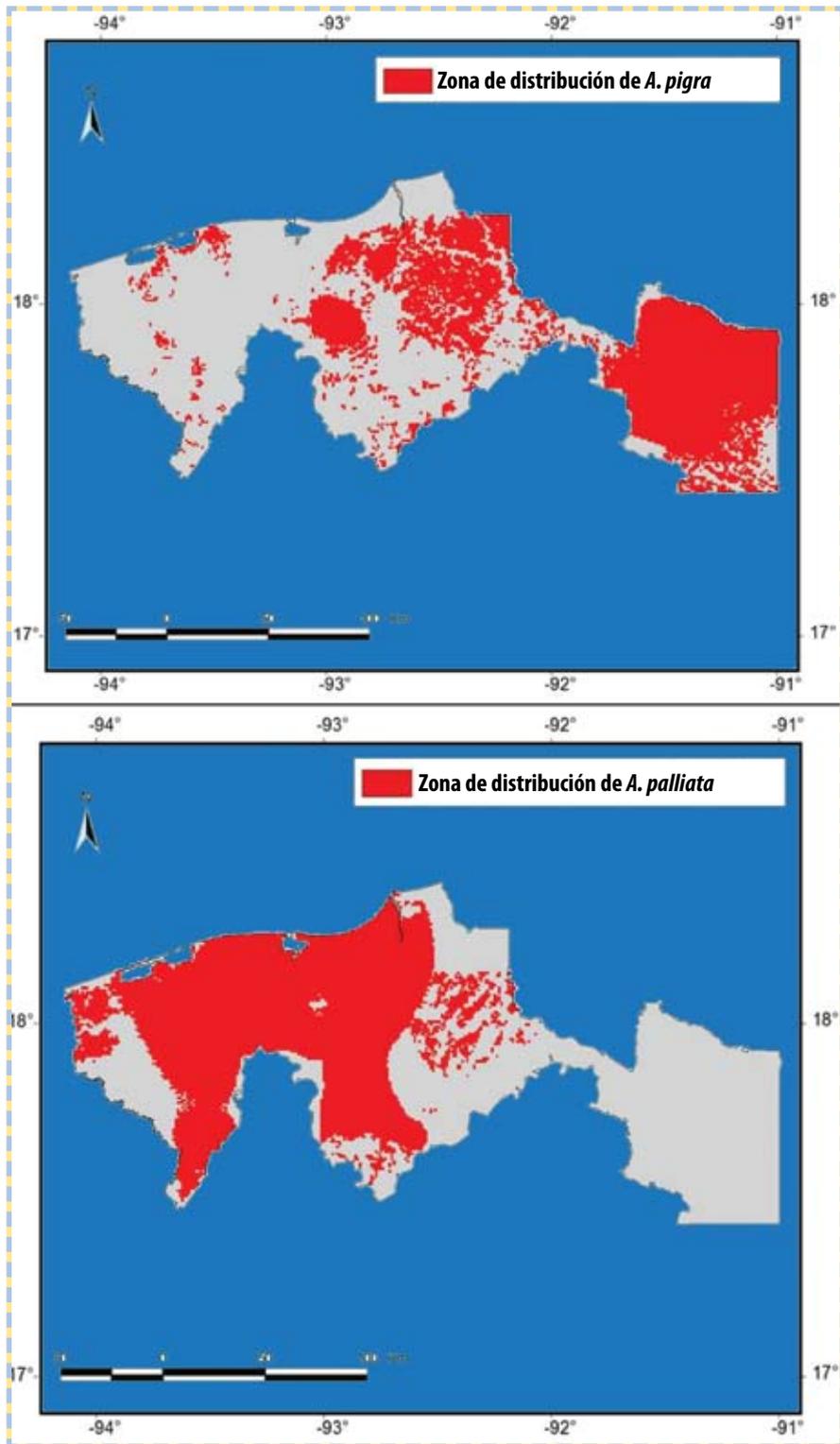
### Los modelos de distribución potencial

Un área en la que se ha incursionado recientemente es el modelado predictivo de la distribución de las especies. Actualmente, estas herramientas son muy útiles en biogeografía, evolución, ecología, manejo y conservación de especies, ya que ayudan a tomar decisiones para su conservación, manejo y estudio.

Un modelo de distribución potencial es una representación formal de la combinación de variables ambientales óptimas bajo las que tienen lugar la dinámica y comportamiento de una especie, y cuya proyección en el espacio representa la distribución geográfica potencial de ésta.



■ Mono aullador en plantación de palma  
Foto: Milagros González Hernández



Actualmente existen alrededor de 16 diferentes programas de cómputo que permiten realizar este tipo de predicciones. Para conocer la distribución de monos aulladores en el estado de Tabasco, se decidió usar el “**principio de máxima entropía**”, cuyo resultado expresa valores entre 0 y 1. A partir de él se obtiene la **idoneidad del hábitat** para la especie, como una función de las variables ambientales. De este modo, se pueden identificar sitios para muestrear su presencia y ausencia. Se utilizaron los registros de presencia disponibles en bases de datos mundiales, libros y literatura, así como la información recabada en las investigaciones realizadas por nuestro equipo de trabajo. También se usaron coberturas de información climática y de vegetación (Vidal-García, 2010).

Se identificaron localidades con posibilidades de presencia y otras con posibilidades de ausencia y se validaron la presencia-ausencia de las especies mediante visitas directas y recorridos de campo. En total se visitaron 87 localidades en todo el estado de Tabasco y se elaboró una propuesta sobre la actual distribución de los monos aulladores en la entidad. De este modo, se cuenta con los modelos de distribución potencial de los monos aulladores en todo el sureste mexicano.

### Enfermedades emergentes y telemetría

El crecimiento demográfico de la población humana y la ocupación de las zonas donde habitan los primates han ocasionado que éstos tengan una mayor interacción con otros animales, y con ello el aumento del riesgo de contagio de **enfermedades emergentes**. A fin de conocer más acerca

de la salud de los monos aulladores negros, se realizó una evaluación del riesgo de que contrajeran enfermedades, como el virus del oeste del Nilo, dengue, fiebre amarilla y leishmaniasis, mediante pruebas bacteriológicas y virológicas. Se encontró que, al menos en la zona de Balancán, los monos aulladores negros no son reservorios de dichas enfermedades; sin embargo, es necesario continuar explorando para poder evaluar la situación en otras zonas.

La **telemetría** es otro aspecto en el que se ha estado trabajando. Actualmente, sus usos más importantes en biología incluyen la recopilación de datos, la supervisión y el seguimiento de individuos en lugares remotos. En la conservación de la biodiversidad se usa para seguir el rastro de animales silvestres, a los que se les coloca un transmisor que emite una señal que es detectada por un equipo receptor.

■  
Cría de mono aullador negro comiendo  
Foto: Ariadna Rangel Negrín



En nuestras investigaciones se ha empleado para registrar los movimientos de los monos aulladores y el uso que hacen del espacio en su hábitat. Para esto se captura a los individuos y se les coloca un radiocollar, el cual transmite una señal, que es captada por una antena especial y un receptor, que permite determinar el sitio en el que se encuentran los individuos.

Una actividad que se realiza de manera continua, gracias al apoyo de estudiantes y habitantes de las comunidades, es el monitoreo constante de los primates. De este modo es posible identificar lo que está sucediendo con ellos, si pasa algo que afecte su sobrevivencia, situaciones tales como cacería para alimentación, incendios o presencia de climas extremos.

### La difusión del conocimiento generado

Como parte de un programa de difusión de la ciencia que se desea implementar, se han planificado cursos de campo, encaminados a compartir el conocimiento y la experiencia en el estudio de primates silvestres. Hasta la fecha se han ofrecido dos cursos, a los cuales han asistido estudiantes e investigadores de diferentes instituciones de la República Mexicana y de otros países. Sin duda, la aportación más importante de estos cursos es la de la formación académica a favor de la conservación de las especies.

También se han realizado talleres de educación ambiental en escuelas de diversas localidades, en los que, con un lenguaje sencillo, se explica a los niños las características de los primates, se les muestran fotografías y se les plantean preguntas

sencillas que generen ideas. Se les platica acerca del papel de los primates como dispersores de semillas y del peligro que corren actualmente con la desaparición vertiginosa de las selvas. Asimismo, es posible conocer la percepción que ellos tienen de estas especies con las que, muchos de ellos, conviven cotidianamente.

Al difundir el conocimiento científico que se va generando entre las personas que viven cerca de estas especies se fomenta la curiosidad y la conciencia en favor de la conservación. En el caso particular de los niños, se pretende que comprendan la trascendencia de proteger y respetar el ambiente. Con esa idea se publicó el libro *Saraguatos: voces de la selva*, fruto de todo el esfuerzo que se ha realizado para conocer a estas maravillosas especies (Serio-Silva *et al.*, 2009).

Somos un grupo multidisciplinario, interesado en el conocimiento, conservación y difusión del conocimiento acerca de los primates, no sólo en Tabasco, sino en todo México, por lo que esperamos seguir fortaleciéndonos en lo académico, pero, sobre todo, seguir explorando y conseguir una mayor vinculación con los habitantes de las localidades para difundir entre ellos la información y crear conciencia sobre la importancia que tienen estos primates en su ambiente natural.

## PRIMATES MEXICANOS EN CAUTIVERIO

Fernando Gual-Sill, Emilio Rendón-Franco

La conservación de la fauna silvestre se puede desarrollar a través de dos enfoques: en su hábitat natural o conservación *in situ*, o fuera de su hábitat o conservación *ex situ*. La última se realiza en recintos debidamente acondicionados, utilizando una gran variedad de técnicas, recursos e infraestructura especializada para recuperar y asegurar la sobrevivencia de individuos y/o poblaciones fuera de su hábitat natural, y así reducir el riesgo de extinción. La conservación *ex situ* es sumamente valiosa para la investigación sobre diferentes aspectos de la biología, la conducta, las enfermedades, entre otros; además estos conocimientos son aplicables al trabajo en vida libre, y son fundamentales para la recuperación de algunas especies silvestres. Las poblaciones de muchas especies han desaparecido o están considerablemente disminuidas y el cautiverio ha sido una herramienta esencial para su recuperación; algunos ejemplos incluyen especies nativas de México, tales como el hurón de patas negras (*Mustela nigripes*), el cóndor de California (*Gymnogyps californianus*) y el lobo mexicano (*Canis lupus baileyi*). En lo que se refiere a primates se ha logrado la recuperación de algunas especies con el apoyo de programas de reproducción en cautiverio; uno de los ejemplos mejor documentados es la reintroducción del tamarín dorado (*Leontopithecus rosalia*) en Brasil, utilizando ejemplares nacidos y criados en cautiverio.

Con el objeto de conocer la situación de las instituciones y los programas relacionados con el manejo de las poblaciones en cautiverio de primates

nativos en México, se evaluó la información proporcionada por las dependencias gubernamentales relacionadas con los programas de inspección y vigilancia (Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, Profepa) y con el manejo de la vida silvestre en nuestro país (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Semarnat) incluyendo los Centros para la Conservación e Investigación de la Vida Silvestre (CIVS). Asimismo, se recabó información de la población de primates mexicanos en cautiverio en México, a partir de un cuestionario enviado a los principales zoológicos del país pertenecientes a la Asociación de Zoológicos, Criaderos y Acuarios de la República Mexicana (AZCARM). En éste se incorporaron diversos aspectos relacionados con el manejo en cautiverio, incluyendo la estructura poblacional, estado de salud, natalidad, mortalidad, principales enfermedades, instalaciones e infraestructura, nutrición y alimentación, medicina preventiva, enriquecimiento ambiental, programas reproductivos, educativos, de investigación y de conservación.

### **Conservación *ex situ***

La UICN indica que el manejo de poblaciones *ex situ* debe incluir diversos aspectos, como el aumento de la conciencia pública y política a través de la difusión de temas de conservación y el significado de la extinción, la gestión coordinada de poblaciones (genética y demográfica) de especies amenazadas, y la gestión y restauración del hábitat, entre otros.

Sin embargo, el mantenimiento en cautiverio de las especies silvestres representa un reto mayor y las poblaciones *ex situ* enfrentan diversos

problemas, incluyendo la pérdida de diversidad genética, problemas para adaptarse al cautiverio y en su reproducción (infertilidad, existencia de híbridos), condiciones inadecuadas relacionadas con diversos factores, incluyendo nutrición, salud, bienestar, medio ambiente social y físico (instalaciones). A pesar de todo esto, se considera que para muchas especies en peligro de extinción, el cautiverio constituye su única posibilidad de sobrevivencia.

### **Función de los zoológicos y la conservación integrada**

Actualmente se considera que los zoológicos deben contribuir de forma directa e indirecta a la conservación de la diversidad biológica. Las principales instituciones zoológicas del mundo, incluyendo muchos zoológicos en México, asumen su compromiso desarrollando la Estrategia Mundial de Conservación en Zoológicos y Acuarios (EMCZA) de la Organización Mundial de Zoológicos y Acuarios para constituir verdaderos centros de conservación, en donde se promueva la conservación de poblaciones silvestres, ciencia e investigación, manejo de poblaciones en cautiverio, educación y capacitación, comunicación, colaboración, sustentabilidad, ética y bienestar animal. Una función adicional que estas instituciones pueden aportar es la integración de información sobre el uso que se le da a las diferentes especies silvestres y sobre el tráfico de las mismas. Asimismo es importante recalcar que muchos profesionistas que trabajan en la conservación de estas especies, se interesaron y se capacitaron en su manejo. Todo esto hace una

diferencia entre los primeros zoológicos o “casas de fieras” del siglo XIX –que eran simplemente una colección de animales en exhibición– y los parques zoológicos del siglo XX –que tenían otros objetivos, además de la conservación.

### Los primates nativos de México en cautiverio

Las especies de primates nativos de México se han mantenido en cautiverio en zoológicos de nuestro país desde que se tiene conocimiento. Los relatos de los conquistadores a su llegada a la Nueva España denotan el esmerado cuidado con el que alimentaban y mantenían a los animales en lugares tales como la Casa de las Fieras y la Casa de las Aves del emperador Moctezuma Xocoyotzin.

■ Mono aullador negro en zoológico

Foto: Guadalupe Pérez Grovas



### La población cautiva en México

Un estudio realizado en septiembre del 2005 (Olmos *et al.*, 2005) reportó que 92 unidades (incluyendo bioterios, CIVS, colecciones privadas, criaderos, reservas y zoológicos) albergaban primates nativos. De éstas, 74 albergaban *Ateles geoffroyi*, 12 albergaban *Alouatta palliata* y nueve albergaban *Alouatta pigra*.

De acuerdo con la información recabada para el presente estudio, 122 unidades albergan monos nativos de México, de las cuales 119 unidades albergan *Ateles geoffroyi*, seis unidades albergan *Alouatta palliata* y 11 unidades albergan *Alouatta pigra*. El número total de primates cautivos de las tres especies disminuyó de 743 a 569. El promedio de individuos por colección disminuyó de 7.4 a 4.3 en *Ateles*, de 5.4 a 1.6 en *A. pigra*, y de 12.6 a 5.1 en *A. palliata*; esta situación necesariamente tendrá consecuencias en lo que se refiere a la conformación de grupos sociales adecuados para cada especie.



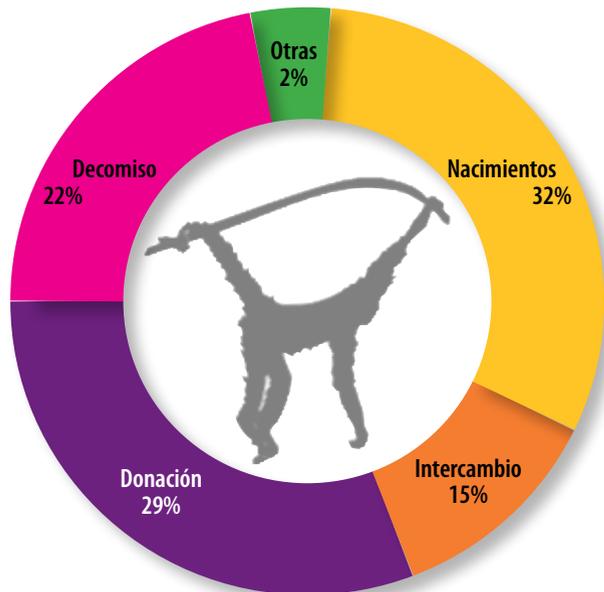
■ Monos araña en cautiverio

Foto: Ariadna Rangel Negrín

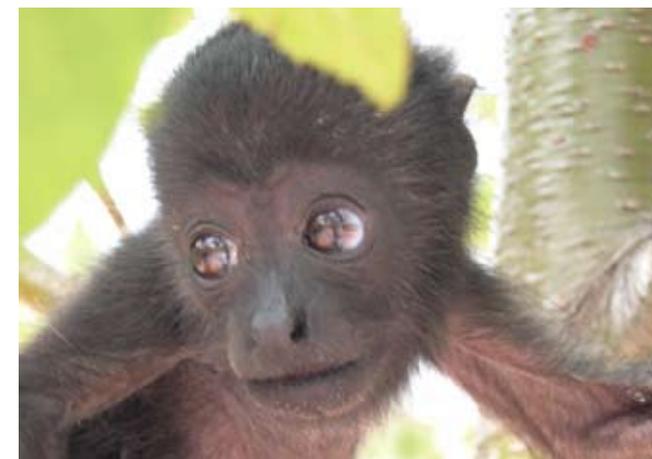
La reproducción es un aspecto fundamental para mantener poblaciones viables en cautiverio y apoyar la conservación *ex situ*. En un estudio previo se observó que de los zoológicos que mantenían *Ateles geoffroyi* en su colección, solamente un 24% reportaba reproducción de los individuos de esta especie (Olmos *et al.*, 2005). Actualmente se ha registrado que el 66.6% de los zoológicos encuestados han logrado su reproducción. Con respecto al origen de los monos araña, se reporta que el 32% nació en cautiverio; las donaciones por particulares representan el 29% de las altas en los inventarios de los zoológicos, seguidas por los decomisos y su posterior depósito en zoológicos (22%) y el intercambio con otros zoológicos (15%).

El origen de los individuos cautivos de *Alouatta* es muy diferente. En el caso de *A. palliata* el único origen reportado es la donación por particulares, mientras que para *A. pigra* el decomiso y depósito en zoológicos es la principal fuente (62%), y el resto provienen de donaciones de particulares (38%).

■ Origen de los monos araña de 18 zoológicos de México



Tomando en cuenta los datos proporcionados por la Profepa, se observa que en el periodo del 2000 al 2010 se decomisaron 165 ejemplares de las tres especies de primates. El 89% fueron ejemplares de mono araña. Los decomisos tuvieron lugar principalmente en los siguientes estados: Distrito Federal (23.6%), Yucatán (23%), Veracruz (18.8%), Guerrero (7.3%), Oaxaca (6.7%), Campeche (6%), Guanajuato (3.6%), Tabasco (3%); en los estados de Querétaro, Morelos, Puebla, Sinaloa, Coahuila, Michoacán, Jalisco y Quintana Roo se realizó el 8% restante de los decomisos. Cabe hacer mención de que la información proporcionada solamente se refiere a los decomisos definitivos en los que los animales asegurados han pasado a propiedad del Estado después del proceso correspondiente, por lo que no incluye los aseguramientos precautorios. En el mismo periodo, la Profepa reportó que solamente 10 ejemplares fueron canalizados a los CIVS de la Semarnat; aparentemente el resto de los monos decomisados fueron canalizados a diversas instituciones zoológicas. En un reporte reciente (Pozo y Bonilla, 2011) se señala un número significativo de *Ateles* asegurados precautoriamente entre 2008 y



■ Cría de mono aullador negro decomisado  
Foto: Ariadna Rangel Negrín

2010, con un total de 136 ejemplares. En el mismo periodo solamente se reportan tres aseguramientos de *Alouatta*. Es muy claro que sólo una parte de los primates asegurados precautoriamente son decomisados.

La población de monos araña en cautiverio, 91.4% del total, es la más numerosa. Es importante notar que una proporción considerable de la población de monos cautivos en México se encuentra en circos y espectáculos ambulantes.

### Cuadro 7

Población de primates nativos de México 2010, por lugar de cautiverio

Lugar	<i>A. geoffroyi</i>				<i>A. palliata</i>				<i>A. pigra</i>			
	♂	♀	ND.	Σ	♂	♀	ND.	Σ	♂	♀	ND.	Σ
Zoológicos	60	124	24*	208	1	1	1	3	7	4	0	11
Criaderos	19	29	1	49	2	9	17	28	0	2	0	2
Circos y espectáculos	81	120	21	222	0	0	0	0	0	0	1	1
civs	11	27	3	41	0	0	0	0	2	2	0	4
<b>TOTAL</b>	<b>171</b>	<b>300</b>	<b>49</b>	<b>520</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>18</b>	<b>31</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>18</b>
%	<b>91.4</b>				<b>5.4</b>				<b>3.2</b>			

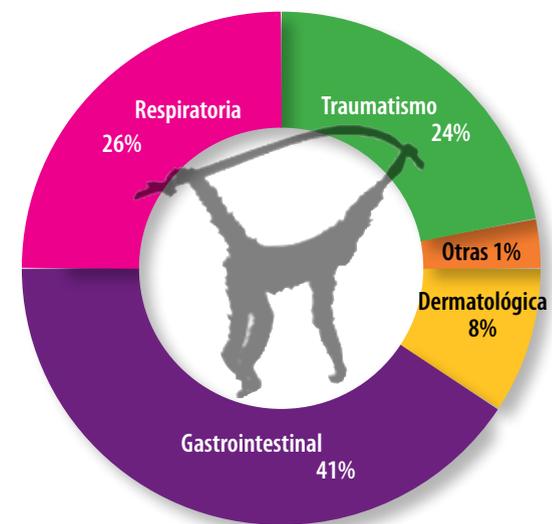
\* Los individuos se registran en el siguiente orden: machos, hembras, sexo no determinado.

### Programas de medicina, manejo, educación, investigación y conservación en las poblaciones cautivas de primates mexicanos

Los resultados de este estudio muestran que los programas de medicina preventiva solamente se realizan en el 89% de los zoológicos y que los relacionados con el enriquecimiento ambiental

únicamente se efectúan en el 61%. En los zoológicos que desarrollan programas de medicina, la principal medida preventiva reportada es la desparasitación, acompañada generalmente de análisis coproparasitológicos. Algunos zoológicos realizan contenciones químicas para llevar a cabo pruebas adicionales como hemograma, bioquímica, raspado cutáneo, cultivos bacterianos rectales, e inclusive pruebas como serología para detección de *Leptospira* spp. y la tuberculina para la detección de individuos tuberculosos. Otras medidas reportadas incluyen la vacunación contra la rabia, la poliomielitis, la difteria, la tosferina, el tétanos y el sarampión.

En cuanto a la presentación de enfermedades o morbilidad, se observó que en el género *Ateles* las afecciones gastrointestinales constituyeron la principal causa de morbilidad, seguidas por patologías respiratorias y traumatismos provocados por congéneres. En menor proporción, se reportan afecciones dermatológicas, principalmente causadas por ectoparásitos. Otras patologías reportadas fueron: distocia, obesidad, problemas dentales y ascitis.



■ Causas de enfermedad en monos araña cautivos

■ Mono aullador en cautiverio que presenta signos de desnutrición severa  
Foto: Fernando Gual Sill



En el caso de los monos aulladores, no fue posible realizar un análisis de morbilidad debido al limitado número de reportes. Sin embargo, las causas de enfermedad reportadas incluyeron trastornos gastrointestinales y respiratorios, principalmente, y, en menor proporción, traumatismos.

En lo que respecta a la mortalidad en monos araña, las causas reportadas por los zoológicos y los CIVS son muy variadas. Las principales patologías relacionadas con mortalidad son las causas respiratorias (21%) y gastrointestinales (21%), seguidas por traumatismos (14%) y senilidad (10%). Otras causas de muerte (34%) incluyen neoplasias, broncoaspiración, choque neurogénico, desnutrición y eutanasia. En el caso de los monos aulladores, la principal causa de muerte son las enfermedades gastrointestinales. Otras causas incluyeron insuficiencia renal, traumatismos y septicemia.

En un estudio retrospectivo de la mortalidad de monos araña y aulladores en cautiverio durante un periodo de 10 y 12 años, respectivamente (Gual *et al.*, 1997), se observó que la principal causa de muerte en los primeros fueron los trastornos gastrointestinales (82.3%). Otras causas de muerte incluyeron trastornos cardiovasculares, trastornos respiratorios y trastornos hepatorreñales (6.3% cada una). Las causas de muerte de las dos especies de monos aulladores incluyeron un 67.6% de muertes por trastornos gastrointestinales, seguidos por trastornos respiratorios y otras causas variadas (8.6%), trastornos hepáticos (7.6%), y trastornos cardiovasculares y nutricionales (2.9%). Cabe hacer mención de que el 34.3% de los monos aulladores falleció en el primer mes de cautiverio. Las enfermedades gastrointestinales que causaron mortalidad en *Alouatta* incluyeron: shigelosis, salmonelosis, clostridiasis, amibiasis, cuadros virales y cuadros multifactoriales, entre otras. Una gran cantidad de los ejemplares de primates, especialmente monos aulladores, son obtenidos a través del tráfico ilegal y mantenidos en pésimas condiciones desde su captura hasta su venta. Generalmente estos ejemplares mueren debido a problemas de salud relacionados con un destete a una edad temprana, una dieta inadecuada, el aislamiento social, la permanencia en instalaciones inapropiadas y en general los malos cuidados a los que son sometidos; aquellos que logran sobrevivir, muchas veces son donados a zoológicos en muy malas condiciones, por lo que la mortalidad en las primeras semanas después de la donación es sumamente alta.

Algunas de las actividades que realizan los zoológicos relacionadas con los primates mexicanos incluyen programas de educación ambiental (39%),

■ Parásito encontrado en heces de mono aullador  
Foto: Milagros González Hernández



proyectos de investigación (11%) y de conservación (22%). En otro estudio (Lascuráin *et al.*, 2009) se reportó que en zoológicos pertenecientes a la AZCARM se registraron 37 proyectos que favorecerían la conservación de por lo menos 50 especies silvestres; ninguno tenía que ver directamente con los primates mexicanos en ese entonces. También se refiere que la mayoría carece de registros del linaje de los individuos que les permita participar en programas reproductivos colaborativos.

Asimismo, se recabó la información de programas dirigidos a la conservación de estas especies. A través de la AZCARM se desarrolla el Programa de Estrategias de Colaboración para la Recuperación de Especies (ECRE). Sus objetivos principales son monitorear y manejar la diversidad genética y la estructura demográfica de las especies seleccionadas, considerando a todos los individuos como una sola población; así como contribuir al mantenimiento de la variabilidad genética y a la viabilidad poblacional a largo plazo, y promover la cooperación interinstitucional. Por el momento, la AZCARM contempla tres especies para el desarrollo

de los ECRE: el mono araña, la guacamaya roja y el tapir; veinte zoológicos participan en el ECRE de mono araña.

Un aspecto fundamental con respecto a la viabilidad de las poblaciones *ex situ* es que éstas deberán tener un tamaño suficiente para mantener el 90% de la diversidad genética durante 100 años. Esto implica un manejo genético adecuado, la presencia de poblaciones autosustentables que no requieran de la continua captura de individuos de poblaciones silvestres, un manejo demográfico y veterinario adecuado, la existencia de albergues que cubran las necesidades sociales y de comportamiento de acuerdo a la especie y al tamaño de los grupos cautivos, entre otros aspectos. Se estima que para un programa de reproducción *ex situ* de un animal vertebrado se requiere de un promedio de 250 a 500 animales aproximadamente, aunque pueden existir grandes variaciones al respecto. Tomando en cuenta que el número de individuos promedio por subgrupo de monos araña es de 5.7 y de 6.6 para monos aulladores negros, se estima que se requieren 38 y 44 instituciones para



■ Tapir en cautiverio  
Foto: Ariadna Rangel Negrín

conservar el mínimo de individuos necesario para mantener una población viable para cada una de estas especies. En ese sentido, 39 zoológicos que participan en la AZCARM y 16 criaderos intensivos que mantienen monos nativos de México podrían participar de manera coordinada en programas de recuperación de estas especies.

Otro programa relacionado con el manejo en cautiverio de los monos nativos de México es el Programa de Acción para la Conservación de las Especies (PACE) que contempla a las tres especies de primates nativas de México. Este documento se encuentra en proceso de elaboración y revisión a través de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp), con el apoyo de un grupo de colaboradores expertos en el tema. Contempla dentro de las estrategias de conservación el manejo de las especies con un subcomponente de manejo en cautiverio.

Otro documento que se encuentra en proceso de elaboración a través de un grupo de trabajo en apoyo a Semarnat es la Norma Mexicana (NMX) que establece los parámetros mínimos de certificación para la conservación, investigación y educación en los zoológicos modernos que promuevan el bienestar animal. Esta NMX contempla aspectos generales de salud y bienestar para todas las especies en cautiverio para ciertos grupos taxonómicos, incluyendo a los primates.

Existen técnicas y herramientas alternativas que las instituciones que albergan poblaciones de fauna silvestre en cautiverio pueden implementar en apoyo a la conservación de especies; una de estas técnicas es la creación de bancos de recursos genómicos (algunos le denominan “el zoológico congelado”), que consiste en la recolección, almacenamiento y utilización, de forma organizada, de biomateriales

(espermatozoides, oocitos, embriones, tejidos, sangre y ADN) provenientes de individuos de especies amenazadas o en peligro de extinción, para ser utilizados en un futuro en la recuperación de éstas; estos bancos ocupan un espacio muy reducido en comparación con el que se requiere para mantener a los animales vivos en exhibición. Algunos zoológicos en México ya han iniciado la recolección de biomateriales para crear estos bancos de recursos genómicos.

Finalmente es necesario mencionar algunos aspectos de la normatividad relacionada directamente con el manejo de estos primates en cautiverio. De acuerdo con las modificaciones realizadas en enero de 2006, la Ley General de Vida Silvestre (LGVS) contempla en su Artículo 55 bis la prohibición de la importación, exportación y reexportación de ejemplares de cualquier especie de primate, así como de sus partes y derivados, con excepción de aquéllos destinados a la investigación científica. Asimismo, en su Artículo 60 bis se estipula que ningún ejemplar de primate, cualquiera que sea la especie, podrá ser sujeto de aprovechamiento extractivo, ya sea de subsistencia o comercial. Sólo se podrá autorizar la captura para actividades de restauración, repoblamiento y reintroducción de dichas especies en su hábitat natural. Los zoológicos apoyan en estos aspectos, pero muchos no tienen las condiciones necesarias. El CIVS San Bartolomé Tekax reporta que las reintroducciones dependen de la viabilidad del individuo de acuerdo a su contexto etológico y esporádicamente se han realizado algunas reintroducciones cuando se conoce el origen exacto de los ejemplares extraídos (Pozo Montuy y Bonilla Sánchez, 2011).

## Discusión y conclusiones

Antes que nada, es fundamental apreciar la importancia del cautiverio en la recuperación de las especies de primates no humanos nativos de México. La información obtenida muestra que existe una clara tendencia a la disminución de la población de ejemplares en cautiverio (tanto en el número de instituciones que las albergan como en la población total), especialmente en las dos especies de monos aulladores. Esto posiblemente se relaciona con la falta de nacimientos y el incremento en la morbilidad y la mortalidad, y refleja, a su vez, la dificultad para mantener a estas especies en cautiverio. Asimismo, el tráfico y decomiso de estas especies constituye el origen de la población cautiva y una grave amenaza para la conservación de las poblaciones silvestres. Todo esto representa una gran limitante para desarrollar un programa de conservación *ex situ* exitoso. De acuerdo con la información recabada, los trastornos gastrointestinales constituyen una de las principales causas de enfermedad y de mortalidad tanto en los monos araña como en los monos aulladores. Gran parte de estos trastornos podrían tener su origen en el contagio humano, mientras que otros podrían estar relacionados con el manejo en cautiverio. Es necesario que a partir de la información que los estudios sobre los primates, tanto en cautiverio como en vida libre, han generado, se integren los protocolos de manejo adecuados para mejorar los programas de salud y bienestar en cautiverio en las tres especies.

Desafortunadamente muchos primates cautivos se encuentran en circos y espectáculos ambulantes, por lo que este segmento de la población no podrá incluirse en los programas de conservación de estas

especies, toda vez que el manejo y los objetivos de los circos son diametralmente opuestos al concepto de la conservación integrada. El número de monos araña en zoológicos, criaderos y CIVS sugiere la posibilidad de contar con una población cautiva viable para esta especie; mientras que para los monos aulladores, el reducido número de individuos cautivos no permitirá a corto plazo una población viable. Se requiere un programa de manejo en cautiverio adecuado para los individuos cautivos de las tres especies y para aquellos que a futuro se sumen a esta población debido al aseguramiento, decomiso y donación de individuos provenientes del tráfico ilegal.

Hay un aspecto que no se ha logrado resolver a lo largo de los años: se desconoce el origen de muchos de los individuos de las poblaciones cautivas de *Ateles geoffroyi*, por lo que no se sabe a qué subespecie pertenecen (*i.e.*, *A. g. vellerosus* o *A. g. yucatanensis*). En su momento, será necesario considerar esta situación en el manejo de las poblaciones y en los proyectos de investigación asociados. Otros aspectos que deberán tomarse en cuenta para lograr la viabilidad de estas poblaciones en cautiverio,



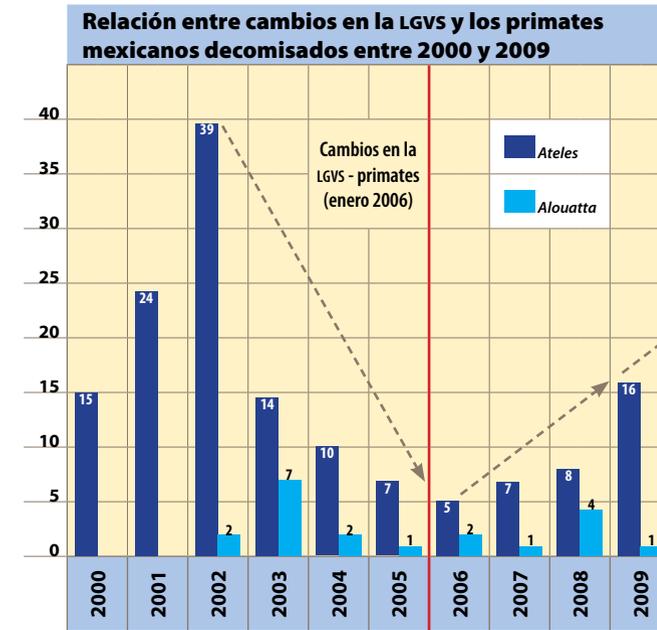
■ Mono araña cautivo  
Foto: Norberto Asensio



■ Encierro de monos aulladores  
Foto: Guadalupe Pérez Grovas

además de los criterios genéticos, son los sociales, los etológicos y los relacionados con las enfermedades, entre otros.

Finalmente, con respecto a la normatividad, los artículos 55 bis y 60 bis de la LGVS afectan directamente al manejo de los primates en cautiverio. La prohibición de la importación, exportación, reexportación de primates con fines comerciales, inclusive con fines de conservación (la única excepción es la investigación), representa un obstáculo para cualquier programa de colaboración internacional que apoye la conservación de estas especies; no todos los proyectos de conservación tienen que ver con la investigación de las especies. Respecto a la restricción de la importación de primates exóticos que anteriormente eran comercializados legalmente, a la larga seguramente provocará un incremento en la demanda de primates nativos, promoviendo de manera indirecta el tráfico ilegal de monos nativos de México.



Por otro lado, la prohibición del aprovechamiento extractivo de cualquier especie de primate impide los intercambios y movimientos entre zoológicos, inclusive de especies de primates exóticos, ya que se requiere de este permiso para realizar los movimientos. También afecta directamente en los programas y proyectos que pudieran requerir de la obtención de fundadores o ejemplares no emparentados para programas de conservación *ex situ* bien establecidos. La tendencia en los últimos años, a partir de estos cambios en la LGVS, es de un aparente incremento en el número de decomisos de primates mexicanos, por lo que se deberá evaluar si esta apreciación es correcta y si esto se debe a la demanda de primates para su venta y/o a otros factores relacionados. Es necesario promover modificaciones en la LGVS que apoyen la conservación de estas especies y que eviten que esta ley constituya un obstáculo para la misma.



## Conservación aplicada a primates mexicanos

La crisis de la biodiversidad que se vive actualmente (entendida como la pérdida acelerada de la variabilidad genética, de especies y de ecosistemas) se puede mitigar desde diferentes enfoques. Por ejemplo, se puede intervenir sobre un ecosistema, una interacción ecológica o una especie. En el último caso, se ha propuesto que la protección de especies sombrilla puede ser una estrategia conservacionista particularmente eficaz. Las especies sombrilla son normalmente especies particularmente carismáticas, ya sea por su atracción o vulnerabilidad; o especies clave, es decir, que juegan un papel crítico en su ecosistema. Así, el impacto de los esfuerzos de conservación que se dirigen a estas especies puede ser significativamente superior. En cambio, se ha propuesto que la protección de hábitats es la manera más efectiva para preservar la biodiversidad, ya que al proteger un hábitat, se protegen todos sus elementos e interacciones.

En esta sección se presentan trabajos desarrollados desde ambas perspectivas. Como acción conservacionista basada en especies, D. Canales-Espinosa y sus colaboradores reportan la aplicación de la reintroducción de individuos como un proceso eficaz para rescatar poblaciones en riesgo inminente de desaparecer, así como para manejar poblaciones de primates. En el capítulo correspondiente, los autores, además de describir las técnicas que emplean para translocar a primates mexicanos, presentan evidencia que demuestra que en el corto, mediano y largo plazos, los programas de reintroducción de primates pueden conducir al establecimiento de poblaciones viables.

Por otro lado, en el trabajo de G. Ramos-Fernández y sus colaboradores se explica cómo la información generada a partir de investigaciones

básicas puede apoyar la toma de decisiones que repercutan en la conservación de los primates y también de su hábitat. Además de representar un excelente ejemplo de efecto sombrilla, de reciprocidad entre ciencia básica y aplicada, y de la importancia de fomentar la interacción entre la academia y el gobierno, en este trabajo se demuestra que la participación de las comunidades que viven cerca de los primates es esencial para su preservación.

Finalmente, V. Arroyo-Rodríguez y sus colaboradores nos dan cuenta de la estrecha interacción que existe entre los primates y su hábitat. A través de un conjunto de detallados experimentos, estos autores demuestran que la perturbación ambiental inicia una cascada de procesos entre los que se incluyen la reducción de la disponibilidad de alimento para los primates, los cambios en la dieta, la disminución de la eficiencia de la dispersión de semillas por los primates y cambios en la composición de especies de plantas en el ambiente, particularmente de aquellas que son importantes para los primates. Así, no solamente los primates peligran cuando su hábitat es destruido, la misma regeneración de las selvas es amenazada cuando estos animales están ausentes.

## TRANSLOCACIÓN DE PRIMATES MEXICANOS

Domingo Canales-Espinosa, Pedro Américo D. Dias,  
Ariadna Rangel-Negrín, Ma. Socorro Aguilar-Cucurachi,  
Francisco García-Orduña, Javier Hermida-Lagunes

### ¿Qué es la translocación?

Los primates viven en las regiones tropicales de América, África y Asia. Pueden ocupar hábitats tan variados como manglares en el Golfo de México, pastizales de montaña en Etiopía o selvas lluviosas en Borneo. Sin embargo, en términos generales, la distribución geográfica de los primates coinciden con la distribución de los bosques tropicales.

A raíz de esta coincidencia, en estas regiones los primates se enfrentan actualmente a diversas amenazas para su supervivencia, relacionadas principalmente con la conversión de sus hábitats naturales en otros tipos de uso del suelo, como la ganadería, la agricultura, la minería, el desarrollo urbano, entre otros. Además, el avance de los humanos hacia los hábitats de los primates resulta en un aumento de la cacería de estos animales para



**Ganadería**  
Foto: Ariadna Rangel  
Negrín

el comercio de carne y de mascotas; así como en posibles intercambios de patógenos con potencial **antropozoonótico**.

Como resultado tangible del impacto de las actividades humanas sobre los primates y sus hábitats, que hace evidente que la supervivencia de estos mamíferos a largo plazo sea incierta, encontramos un reporte de la UICN sobre el estatus de su conservación, publicado en 2008. En esta evaluación se incluyeron 634 taxones; de éstos, casi la mitad (47.8%) fueron clasificados en alguna categoría de amenaza de extinción (Mittermeier *et al.*, 2009; *cf.* Rodríguez-Luna *et al.*, pág. 15, en este volumen).

Con el propósito de actuar contra esta problemática, se ha propuesto que las poblaciones silvestres amenazadas sean manejadas directamente a través de la reintroducción de individuos. La reintroducción se entiende como “un intento para establecer una especie en un área que fue en algún momento parte de su distribución histórica, pero de la cual ha sido extirpada o de la cual se extinguió” (UICN, 1998). En la actualidad, se reconocen 72 estudios de caso de reintroducciones de diversos organismos, incluyendo invertebrados, peces, anfibios, reptiles, aves, mamíferos y plantas. Como proceso específico de manejo de organismos, la translocación representa una herramienta conservacionista para mover a individuos silvestres de una parte de su rango de distribución geográfica a otra. El objetivo fundamental de la translocación es mantener la viabilidad de las poblaciones (Baker, 2002).

A lo largo de los últimos 40 años se han llevado a cabo diversas translocaciones de primates, por diferentes razones, con diferentes propósitos y metas, y con diferentes resultados y tasas de éxito. Estas translocaciones se han realizado, además, con

diversas especies, desde el títí león dorado hasta el gorila. Con el objetivo de promover, asesorar y regular estas prácticas conservacionistas, la UICN, a través de su Comisión para la Supervivencia de Especies, creó en 1988 un Grupo Especialista en Reintroducciones. En particular, este grupo ha generado un conjunto de publicaciones que definen los lineamientos que hay que seguir para realizar reintroducciones, y en particular para las reintroducciones de primates (Baker, 2002).

### **¿Cómo translocar a los primates?**

Una translocación incluye tres etapas principales: pretranslocación, manejo de los animales y posttranslocación (ver Baker, 2002, donde se describen de manera detallada los lineamientos para las reintroducciones de primates).

Una translocación empieza normalmente por la identificación de la necesidad de manejar poblaciones en riesgo, ya sea a corto plazo –cuando, por ejemplo, su hábitat va a desaparecer inmediatamente– o a mediano y largo plazos –cuando es necesario incrementar el número de individuos en una población para aumentar su viabilidad.

En la etapa de pretranslocación se desarrollan diversas actividades, como: la planeación general de la translocación, tanto en términos del manejo de los animales, como en términos logísticos y financieros; y la evaluación del área candidata para la liberación a nivel ecológico y socioecológico. Además, dependiendo del tipo de translocación que sea pertinente realizar, es recomendable evaluar genéticamente a los individuos que se reintroducirán.



■ **Bosque talado y quemado**

Foto: Ariadna Rangel Negrín

En la segunda etapa de la translocación, se procede a la captura y manejo de los animales. La captura puede venir acompañada de un periodo de cuarentena, durante el cual el estado de salud de los individuos es monitoreado. Esta cuarentena debe llevarse a cabo en el área donde los primates serán liberados. En estos casos, se considera que la translocación es “suave”, ya que los animales tienen la oportunidad de acostumbrarse a las condiciones físicas (temperatura, humedad, entre otros) de su nuevo ambiente. Sin embargo, la UICN recomienda que cuando los animales que se van a translocar son silvestres, “deberán ser movidos rápidamente para minimizar cualquier alteración de sus habilidades, conductas o conocimientos”. En estos casos, se considera que las translocaciones son “duras”, debido a que los animales no pasan por una etapa de aclimatación a su nuevo entorno.



■ **Mono araña en encierro eléctrico**

Foto: Guadalupe Pérez Grovas

Una vez liberados, los individuos translocados deben ser monitoreados para evaluar su adaptación al nuevo ambiente. En este monitoreo se tendrán que incluir observaciones sobre el comportamiento de los individuos, así como un registro de los nacimientos, las muertes y las migraciones. A largo plazo, la compilación de esta información permitirá conocer el éxito de la translocación. Una translocación exitosa es la que tiene como resultado el establecimiento de una población viable.

### **Translocación de primates mexicanos**

Las etapas descritas anteriormente representan un bosquejo muy general de las actividades asociadas a la translocación de primates; el documento rector (Baker, 2002) para la translocación

incluye información más detallada. Sin embargo, hay que resaltar que esos lineamientos deben ser adaptados a las características particulares de cada **taxón**, pues las diferencias en el tipo de hábitat, en el tamaño corporal, en los hábitos de vida (nocturnos *vs* diurnos; terrestres *vs* arborícolas), en la susceptibilidad a antropozoonosis y potencial **zoonótico**, entre otros, obligan al desarrollo y aplicación de diferentes técnicas durante las translocaciones.

Hace aproximadamente 25 años se inició el primer programa de translocación de un primate mexicano, el mono aullador de manto, promovido por investigadores del Instituto de Neuroetología de la Universidad Veracruzana. Desde ese momento, se han realizado varias translocaciones con las tres especies de primates presentes en México, así como de monos aulladores negros en Guatemala, y a la fecha, nuestro grupo de investigación ha capturado y manejado a más de 550 individuos.

■ Línea de transmisión eléctrica atravesando bosque tropical  
Foto: Ariadna Rangel Negrín



La mayoría de las translocaciones que se han realizado han tenido como objetivo el rescate de primates que se encontraban en riesgo. Éste fue el caso de monos aulladores de manto que se encontraban aislados en fragmentos de selva que iban a ser talados y quemados para aprovechamiento agropecuario en la zona de Acayucan (Veracruz); de monos aulladores negros que se quedaron aislados en fragmentos de selva cuya área fue severamente reducida por la construcción de líneas de transmisión eléctrica en los municipios de Carmen y Escárcega (Campeche); o de monos araña atrapados en relictos de selva dentro de un desarrollo urbano en la ciudad de Cancún (Quintana Roo). En el primer caso, los individuos se enfrentaban a un peligro inminente de muerte, mientras que en los siguientes, las valoraciones indicaban que las probabilidades de supervivencia de los individuos a mediano y largo plazos en esos lugares eran bajas, sobre todo debido a la insuficiente disponibilidad

■ Quema de bosque tropical  
Foto: Ariadna Rangel Negrín



■ **Mono aullador negro marcado**  
Foto: Ariadna Rangel Negrín



de alimento. En menor medida, nuestro grupo de trabajo también ha realizado translocaciones para “reforzar”<sup>1</sup> poblaciones manejadas. Éste fue el caso de una población establecida a partir de una translocación en un área natural protegida privada en Catemaco (Veracruz). Dos años después de la liberación inicial de 10 individuos en este lugar, se introdujo un nuevo macho proveniente de una zona geográfica diferente para aumentar el **acervo genético** de la población.

Estas experiencias han permitido aportar información relevante para el manejo de los primates mexicanos. A continuación se describe el procedimiento de translocación que nuestro grupo de investigación aplica. Cabe destacar que este trabajo representa una ampliación de un reporte preparado hace 18 años (Rodríguez-Luna *et al.*, 1993), en el que presentamos los avances que hasta ese momento se habían logrado en cuanto a la

<sup>1</sup> Refuerzo se refiere a la adición de individuos a una población existente

translocación de primates mexicanos. Después de describir brevemente el procedimiento de translocación, se presentará información que valida su adecuación para el manejo de los individuos, es decir, lo hace una herramienta útil para la conservación de poblaciones de primates mexicanos en riesgo de extinción.

### **Identificación de poblaciones a translocar y selección de áreas candidatas para liberación**

Como se mencionó anteriormente, la mayoría de las translocaciones que se han realizado se asocian al rescate de individuos en peligro inminente de perecer. Así, normalmente los programas de translocación empiezan por el contacto de determinada institución, particular o empresa, que informa de alguna población de primates en riesgo. La interacción entre estos actores y nuestro grupo de trabajo es un primer paso para poder emplear la translocación como estrategia de manejo para poblaciones amenazadas.

Una vez detectados los individuos que se manejarán, se realiza un censo de la población y se caracteriza el hábitat. Paralelamente a estas actividades, se ubica a la población con sistemas de información geográfica, lo que permite determinar atributos espaciales, como el tamaño y el entorno sociogeográfico (el número de asentamientos humanos próximos al hábitat de los primates). A través del censo, se obtiene información acerca del número de grupos, el número de individuos, su distribución en categorías de sexo y edad, y con base en estos valores absolutos se pueden estimar



■ **Caracterización de la vegetación**

Foto: Ariadna Rangel Negrín

parámetros demográficos relativos, como la densidad poblacional o la densidad de grupos en el ambiente. En cuanto a la caracterización del hábitat, se colecta información sistemática acerca de la estructura (diámetro de los troncos, altura de los árboles) y composición de la vegetación (identificación de especies y de formas de vida). Cuando el hábitat de los primates es muy pequeño (<3 ha), esta información se colecta por medio de recorridos que cubren la totalidad del área de bosque; mientras que cuando el hábitat es grande (>3 ha) se colecta mediante un método estandarizado para el estudio de vegetación tropical.<sup>2</sup>

En los casos en que las poblaciones no están amenazadas por eventos catastróficos, como incendios, esta información permite determinar la necesidad efectiva de translocar a los individuos. Por ejemplo, en 2004 la Comisión Federal de Electricidad

2 Método de franjas de Gentry. Una franja se define como un recorrido formal en un área de muestreo con una longitud y ancho definidos *a priori*. Este método consiste en realizar 10 franjas distribuidas aleatoriamente en el espacio, maximizando la distancia entre franjas. Cada franja tiene 50 x 2 m. Al recorrer cada franja, se anota la especie, el diámetro del tronco y la altura de todas las plantas incluidas en el área de la franja.

contactó a nuestro grupo de trabajo para rescatar poblaciones de monos aulladores negros que vivían en un área afectada por la construcción de líneas de alta tensión en el estado de Campeche. A lo largo de los casi 60 km de líneas de transmisión, la apertura de la brecha para la construcción afectó a diversos fragmentos de bosque en donde vivían grupos de esta especie. Cuando se inició este programa de translocación, se encontraron poblaciones de primates que habitaban en fragmentos con un tamaño similar, pero con diferencias marcadas en la vegetación de su hábitat. En particular, no todos los grupos que se encontraban en fragmentos afectados por la línea de construcción –que tenían un área de entre 5 y 10 ha, y que vivían con densidades poblacionales de 0.5-1 ind/ha– fueron translocados. Cuando la vegetación predominante en los fragmentos era selva mediana subperennifolia, con elementos característicos de selva alta (árboles con alturas  $\geq 30$  m), e incluía especies importantes para la dieta de los monos aulladores (como el ramón, el zapote o

■ **Desplazamiento por el suelo**

Foto: Ariadna Rangel Negrín



el jabín) que pueden proveerles alimento durante todo el año (las higueras), los primates no fueron translocados (ver Dias *et al.*, 2011, para una descripción de la dieta de esta especie en Campeche). En cambio, fueron translocados los grupos que vivían en fragmentos pequeños, con una vegetación predominantemente secundaria y con gran presencia de especies de plantas caducifolias.

Por otra parte, cualquier translocación debe incluir observaciones sistemáticas de los individuos candidatos a ser translocados. Estos registros van sobre todo dirigidos a obtener datos sobre el estado general de salud de los individuos (estado de carnes y del pelaje, entre otros) y sobre su comportamiento. El registro de la conducta es particularmente

■  
**Consumo  
de enredaderas**  
Foto: Ariadna Rangel  
Negrín



importante, ya que en ambientes perturbados, los individuos pueden desplegar comportamientos atípicos que confirmen la necesidad de reubicarlos en otro hábitat. Éste es el caso de las caminatas por el suelo, un comportamiento asociado a la necesidad de encontrar alimento visitando diferentes áreas boscosas, y que expone a estos primates adaptados a la vida arbórea a un amplio conjunto de amenazas (*cf.* Serio-Silva *et al.*, pág. 44, en este volumen). Además, la observación directa de la dieta de los individuos complementa los muestreos de la vegetación descritos anteriormente, y permite determinar si éstos encuentran en su ambiente el alimento necesario para cumplir con sus requerimientos nutricionales.

Finalmente, las entrevistas con personas que vivan o frecuenten áreas cercanas a las ocupadas por los primates pueden aportar información fundamental para el proceso de decisión asociado a las translocaciones. Muchas veces, estas personas observan detalles significativos de la conducta de los primates, como los mencionados anteriormente, pero además, y particularmente importante en este contexto, pueden indicar si éstos son cazados o acosados por los humanos. Éste fue el caso de una translocación realizada en el sitio arqueológico El Chal, en la región del Petén guatemalteco, donde informantes reportaron que los monos eran frecuentemente apedreados, y algunos habían muerto a causa de ello.

La selección de áreas para la liberación de los primates translocados es una etapa igualmente crítica en este proceso. Además de realizar las valoraciones demográficas y de hábitat con base en las metodologías descritas anteriormente, en nuestro grupo de trabajo siempre se intenta asegurar

la protección de los primates en las áreas de liberación. Esta protección puede establecerse a través de la firma de convenios con los propietarios de los terrenos de liberación, como en el caso del proyecto antes referido con monos aulladores negros en Campeche, o liberando a los primates en áreas naturales protegidas (federales, estatales o privadas), como en el caso de monos araña liberados en el Jardín Botánico Alfredo Barrera Marín (Quintana Roo).

### **Captura, manejo y monitoreo de los individuos en cautiverio**

Un requisito indispensable para el desarrollo de programas de translocación es tramitar un permiso para la realización de registros conductuales, colecta de muestras biológicas y captura de los individuos. En México, este permiso es otorgado por la Dirección General de Vida Silvestre (dependiente de la Semarnat).

El momento de la captura y manejo de los primates que serán translocados es crítico, ya que es muy alta la probabilidad de que se lesionen o

■  
**Dardos**  
Foto: Ma. Socorro Aguilar



■  
**Disparando un dardo a un mono**  
Foto: Ariadna Rangel Negrín

mueran. Sin embargo, a lo largo de los años, nuestro grupo de trabajo ha adquirido la experiencia necesaria para minimizar este tipo de problemas. En este sentido, son particularmente importantes los dardos que utilizamos, los cuales son de manufactura artesanal (están elaborados a partir de jeringas de 3 ml, con aguja calibre 18G x 1 1/2”), y tienen varias ventajas frente a los dardos comerciales que son fabricados con cuerpo de aluminio y tienen agujas con un calibre inadecuado para estos animales (14 y 12G), pues pueden infringirles laceraciones considerables en la piel y músculos. Además de que para inyectar su contenido usan un mecanismo de explosión interno, que igualmente puede causarles heridas.

También es importante tener en cuenta el uso de la anestesia en condiciones de campo. Aunque en la actualidad existe un gran número de agentes anestésicos, no es factible el manejo en campo de todos los tipos de anestesia. Por ejemplo, los anestésicos inhalados son más seguros y confiables, pero su uso en condiciones de vida libre es imposible, ya que requieren de equipo difícil de manejar

■ Rifles

Foto: Ma. Socorro Aguilar



en condiciones de campo. Otros productos, como el zoletil o la mezcla de ketamina con xilacina, comúnmente usados en animales silvestres en cautiverio, no son recomendados para capturar primates arbóreos en vida silvestre, ya que los animales se pueden localizar a gran altura, y es necesario que sus músculos no se relajen mientras se sujeten de las ramas de los árboles (esto obliga normalmente a trepar a los árboles para tomar directamente de las ramas a los individuos anestesiados, lo que se logra con el uso de equipo especializado, como picos de escalada). El anestésico que utilizado es la ketamina (hidrocloruro de ketamina al 10%), debido a su alto margen de seguridad y confiabilidad, además de ser de fácil manejo y dosificación. Dependiendo

del sexo, del tamaño y de la edad, se puede ajustar una dosis de 7-12 mg/kg por individuo con un alto nivel de seguridad.

El monitoreo de constantes de los animales anestesiados es fundamental durante la captura. En particular, durante el manejo se mide la temperatura (rectal; con un valor de referencia de 37.5-38 °C), la frecuencia cardíaca (aproximadamente 60 latidos por minuto) y el reflejo de llenado capilar de cada animal. Este monitoreo es primordial para controlar la reacción de los individuos y así prevenir cualquier incidente (como depresión respiratoria). Respecto a la reacción de los primates a la anestesia, se ha notado que en días calurosos (>30 °C) tienden a elevar su temperatura y frecuencia cardíaca. Bajo estas condiciones, es recomendable capturarlos y manejarlos al inicio del día (6:00-10:00 h). Asimismo, después del manejo, la hidratación de los individuos con electrolitos bebibles ayuda a la recuperación de la anestesia. Cabe

■ Hidratación de mono anestesiado

Foto: Pedro Dias





■ Mono aullador con collar de radiotelemetría  
Foto: Pedro Díaz

destacar que durante el manejo de los individuos siempre debe estar presente un veterinario con experiencia clínica en primates.

El manejo de los primates sigue una rutina preestablecida, lo que minimiza el tiempo de intervención humana directa. Esta rutina incluye las siguientes actividades: colecta de muestras sanguíneas para análisis (biometría hemática, química sanguínea, genética); toma de moldes dentales; mediciones morfométricas y pesaje; identificación y marcaje de los individuos (cada individuo es fotografiado, tatuado y marcado con una pulsera); colocación de collares de radiotelemetría.<sup>3</sup> Sobre el marcaje, éste es de gran utilidad para el seguimiento postranslocación de los individuos. A lo largo de los años, se han probado diferentes materiales de marcaje, incluyendo cordinos de escalada, cintas

<sup>3</sup> En algunas translocaciones se han usado collares de radiotelemetría para facilitar el seguimiento de los primates en la etapa de postranslocación. Esto es particularmente útil cuando los animales son liberados en bosques de difícil acceso (e.g., bosques con zonas inundadas) o muy extensos. La radiotelemetría también es muy útil cuando el seguimiento de los individuos liberados se realiza a través de visitas puntuales (e.g., una vez al mes), y no de manera continua (cf. Serio-Silva *et al.*, pág. 44, en este volumen).

planas de nailon y cintas de PVC para cortinas, cerrados con botones metálicos. Estos materiales han resultado inadecuados, ya que se deforman fácilmente por efecto de la lluvia, del sol y de los intentos de los primates por quitárselos. En la actualidad se usa cadena de eslabón esférico con cierre de almeja, la cual no se deforma y ha resultado muy resistente. En estas cadenas se pueden poner anillos de hule de alta densidad con diferentes colores para identificar a los individuos.

Los resultados de los análisis sanguíneos, de las mediciones y de la observación de otras características corporales de los individuos (estado del pelo, de los dientes y de las mucosas) permiten determinar su estado general de salud y, así, ajustar el procedimiento de manejo en cautiverio a los requerimientos de cada animal. En el caso de las translocaciones “suaves”, se ha mantenido a los primates en instalaciones cercanas a su lugar de liberación. Por ejemplo, los rescates antes mencionados de monos aulladores de manto de la zona de Acayucan, incluyeron un periodo en cautiverio de 90 días (tiempo recomendado por la NOM-062-ZOO-1999) en las instalaciones del Parque de la Flora y Fauna Silvestre Tropical del Instituto de Neuroetología (Universidad Veracruzana) en Catemaco (Veracruz). En este lugar, los encierros están inmersos en una reserva de aproximadamente 200 ha de selva tropical, por lo que los primates se encuentran en condiciones muy parecidas a las de su hábitat natural, como temperatura, humedad, estimulación auditiva, olfativa y visual, entre otros. Además, la proximidad al bosque permite coleccionar diariamente alimento fresco de las especies que consumen normalmente. Estos grupos fueron liberados en un bosque protegido, localizado a menos



■ **Cautiverio en la selva**  
Foto: Guadalupe Pérez Grovas

de 5 km del lugar donde estuvieron en cautiverio. Cabe destacar que, en una investigación sobre la variación en los niveles de estrés fisiológico de los monos aulladores de manto durante el proceso de translocación, se demostró que la permanencia de los individuos en cautiverio da como resultado un incremento significativo en el estrés (*cf.* Rangel-Negrín *et al.*, pág. 151, en este volumen). Este efecto del cautiverio temporal sobre el estrés es probablemente el resultado del contacto prolongado de los primates con los humanos, por lo que es sumamente importante minimizar la interacción con los animales durante esta etapa de las translocaciones.

### **Liberación y seguimiento**

Para el transporte de los individuos que se trasladan se usan cajas Kennel, debido a que ofrecen varias ventajas con respecto a otros tipos de jaulas. Por ejemplo, son ligeras, lo que facilita el

transporte cuando los animales se encuentran en áreas donde los vehículos no pueden llegar; y son fáciles de lavar, lo que evita el contagio entre individuos por el uso repetido de las jaulas. En cuanto a las dimensiones de las cajas, el tamaño 200 (69 x 51 x 48 cm) es adecuado para un individuo adulto o para una madre con una cría de hasta un año, y el tamaño 400 (91 x 61 x 66 cm) es apropiado para dos individuos adultos (hembras, o hembra y macho) o tres (hembras). Nunca se juntan en una jaula de transporte a dos machos adultos, ya que en condiciones de confinamiento en espacios pequeños, la probabilidad de que éstos interactúen agresivamente es alta.

Los individuos deben ser liberados cuando el efecto de la anestesia haya cesado completamente. El tiempo de recuperación (definido como el tiempo transcurrido entre el momento de la aplicación de anestesia y el momento en que éste es capaz de treparse sin dificultades a un árbol) de un mono aullador macho, con una edad aproximada de 12 años,

■ **Liberación**  
Foto: Ernesto Rodríguez Luna





■ **Saliendo de la jaula**  
Foto: Ariadna Rangel Negrín

al que se haya aplicado una dosis de 12 mg/kg de ketamina, puede llegar a los 60 minutos. Las hembras con crías dependientes o los individuos juveniles, si son liberados cuando aún no se han recuperado totalmente de la anestesia, pueden sufrir alguna caída o ser más susceptibles a la depredación. Idealmente, los grupos sociales deben ser liberados simultáneamente, para minimizar las posibilidades de que los individuos se dispersen.

El seguimiento de los primates después de la liberación cumple con varias funciones. En un primer momento, sirve para corroborar que ningún animal presentó una reacción fisiológica tardía al manejo. Posteriormente, la realización de registros sistemáticos sobre el comportamiento de los individuos permite evaluar sus respuestas conductuales al cambio de hábitat, ya sea a nivel social o a nivel del forrajeo, entre otros. En ocasiones, los individuos translocados son recapturados para:



■ **Observaciones**  
Foto: Ariadna Rangel Negrín

cuantificar el impacto de la translocación sobre su salud (ver siguiente apartado); quitar los collares de radiotelemetría; ajustar las pulseras con que fueron marcados; o por alguna herida o infección visible que pudiera estar asociada con su manejo. Finalmente, el seguimiento a largo plazo es fundamental para obtener parámetros demográficos de las poblaciones manejadas (como tasas de natalidad y mortalidad; *cf.* Cristóbal-Azkarate *et al.*, pág. 26, en este volumen), y así, determinar la viabilidad de las mismas.

### **Validación de nuestro procedimiento**

Como se mencionó anteriormente, de manera formal, una translocación se considera exitosa cuando conduce al establecimiento de poblaciones viables, es decir, a poblaciones que persistan a largo plazo.

Así pues, una vez que se han liberado los primates manejados es imprescindible seguirlos durante varias generaciones. En el caso de los primates, así como de otros animales con esperanza de vida muy larga, un seguimiento de este tipo significa el monitoreo de las poblaciones por décadas. Por lo tanto, a nivel poblacional se requiere de otros indicadores que en el corto plazo indiquen si la translocación tuvo un impacto positivo para, en caso necesario, adoptar nuevas medidas de manejo, como el refuerzo de individuos. Asimismo, es necesario encontrar indicadores del impacto del manejo sobre los individuos para, de igual manera, evaluar la adecuación de los procedimientos que se emplean durante las translocaciones. A continuación se describe evidencia basada en cuatro indicadores con la intención de demostrar que las translocaciones realizadas por nuestro grupo de trabajo (con base en los procedimientos descritos anteriormente) tienen un impacto positivo sobre los individuos y las poblaciones.

■ **Mono aullador cría**  
Foto: Ariadna Rangel Negrín



■ **Monos aulladores jugando**  
Foto: Arturo González Zamora

Primer indicador, todas las hembras que se determinaron gestantes durante el manejo, y que fueron monitoreadas después de la translocación, tuvieron partos viables.

Segundo, con respecto a su comportamiento en hábitats muy perturbados, individuos translocados hacia hábitats conservados presentan un forrajeo más adecuado a sus necesidades energéticas, invierten más tiempo en interacciones sociales (sobre todo afiliativas), y están más próximos a otros miembros de su grupo (Rangel-Negrín *et al.*, 2011 a).

Tercero, después de la translocación, los individuos presentan niveles de estrés fisiológico más bajos (*cf.* Rangel-Negrín *et al.*, pág. 151, en este volumen), pierden grasa y aumentan su peso y reservas de proteínas (Rangel-Negrín *et al.*, 2011 a).

Cuarto, a 25 años del inicio del primer programa de translocación de un primate mexicano, la población de monos aulladores de manto establecida en la isla Agaltepec creció y parece encontrarse estable. Asimismo, en el transcurso de este tiempo se han podido documentar varios ajustes demográficos y conductuales en la población, que han favorecido su persistencia.



## Conclusiones

La experiencia, a lo largo de las últimas décadas, indica que la translocación es una técnica conservacionista efectiva para manejar poblaciones de primates mexicanos. En particular, puede ser importante para rescatar a individuos y poblaciones en riesgo inminente de desaparecer, y dar lugar al establecimiento de poblaciones viables. Sin embargo, destacamos que la translocación no representa por sí sola una solución para los problemas de conservación de los primates mexicanos. Éstos se asocian directamente a los procesos de cambio de uso de suelo, los cuales han dado como resultado la pérdida y transformación del hábitat de los primates.

Como mensaje final precautorio, cabe destacar que la eficacia de las translocaciones desarrolladas por nuestro grupo de trabajo emerge del perfeccionamiento de varias metodologías y procedimientos para el manejo de los primates, así como del proceso de elección de poblaciones candidatas a ser translocadas y del análisis de factibilidad de

los lugares de liberación, que han sido respaldados institucionalmente por la Universidad Veracruzana, así como por las autoridades ambientales que en este tiempo han avalado nuestras actividades. A lo largo de los últimos 25 años, el interés en torno a la conservación de la fauna silvestre en general, y a la de los primates en particular, ha crecido de manera significativa. Esto, en conjunto con un acceso cada vez más fácil a recursos para la conservación, ha dado como resultado la peligrosa noción de que las únicas condiciones necesarias para manejar fauna silvestre son instrumentales, y finalmente, en mala praxis. Un ejemplo de esto es “una población de *Alouatta palliata* que fue trasladada (...) a un hotel de la Riviera Maya, en donde actualmente permanece; es importante resaltar que estos monos salen y entran en contacto con poblaciones silvestres de *A. pigra*” (Rodríguez-Luna *et al.*, 2009, pág. 37). El contacto entre dos especies de monos aulladores que se pueden hibridar de manera natural, fuera de una zona de contacto histórica (*cf.* Cortés-Ortiz, pág. 174, en este volumen), plantea la posibilidad de que los monos aulladores de manto representen a la larga una especie invasora en esta región. Es importante enfatizar que el manejo de los primates mexicanos silvestres debe ser escrupulosamente vigilado por las autoridades ambientales federales; para esto, es necesario considerar que el otorgamiento de permisos para el manejo de los primates se apoye en dictámenes emitidos por comités de expertos.

■ Trabajo de campo  
Foto: Pedro Dias

■ Deforestación  
en los Tuxtlas  
Foto: Pedro Dias



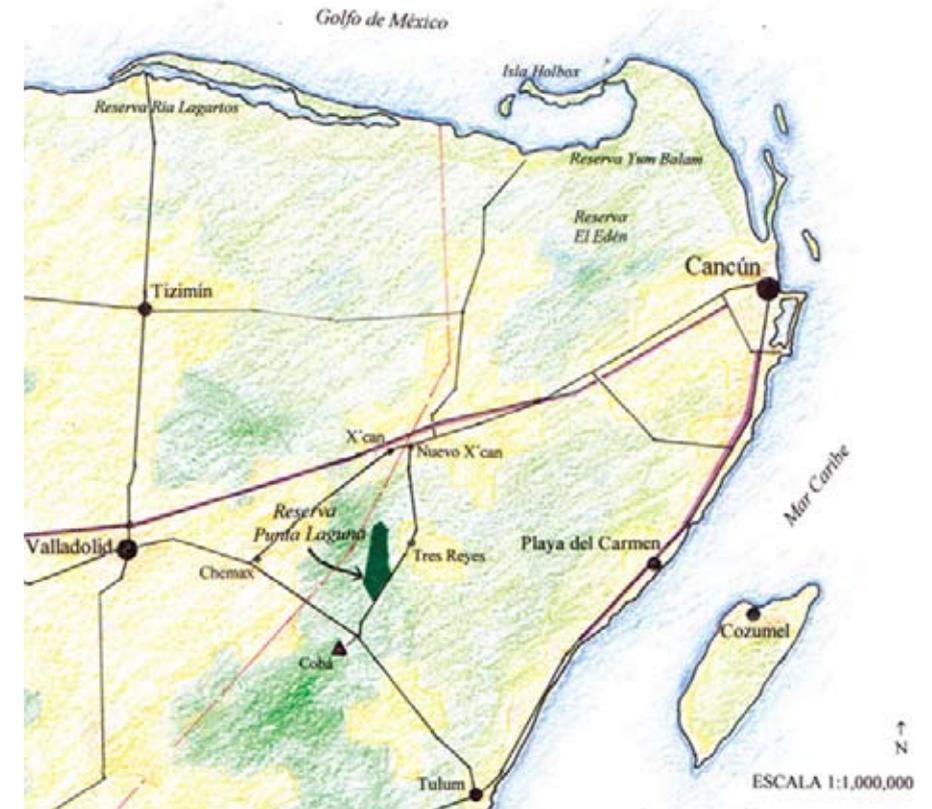
## EL VÍNCULO ENTRE INVESTIGACIÓN Y CONSERVACIÓN DEL MONO ARAÑA EN PUNTA LAGUNA, YUCATÁN

Gabriel Ramos-Fernández, Eduardo García-Frapolli,  
Filippo Aureli, Martha Bonilla-Moheno,  
Colleen M. Schaffner, Laura G. Vick

Uno de los retos de la ecología actual es la aplicación del conocimiento a la solución de problemas asociados a la pérdida de la biodiversidad. En este capítulo se presenta un recuento de cómo las investigaciones en Punta Laguna, en la península de Yucatán, han servido para proporcionar información a quienes toman decisiones acerca de la conservación de la población local de monos araña y del área en general.

Estas investigaciones iniciaron en 1996 y han continuado de forma ininterrumpida desde entonces. Las líneas de investigación han incluido cuestiones básicas sobre el comportamiento de los monos araña, como los patrones de forrajeo y uso de

Letrero de bienvenida a Punta Laguna  
Foto: Ernesto Lehn



Localización de Punta Laguna

espacio, la estructura y relaciones sociales entre los miembros de un grupo, las interacciones sociales, los mecanismos de comunicación y el desarrollo de procesos de socialización (Ramos-Fernández *et al.*, 2003). El proyecto sobre el mono araña es el más largo de los que se han realizado con cualquier especie del género *Ateles*. Además, desde el 2002 se han llevado a cabo proyectos de investigación sobre otros temas, incluyendo los sistemas locales de **apropiación de la naturaleza** (García-Frapolli *et al.*, 2008), los cambios en el uso del suelo (García-Frapolli *et al.*, 2007) y los procesos de sucesión y restauración ecológica (Bonilla-Moheno y Holl, 2010).

Punta Laguna es el nombre de una comunidad establecida en los linderos de la laguna del mismo nombre, en el extremo noreste de la península de Yucatán, entre los estados de Quintana Roo y Yucatán. Aunque la vegetación en esta región del país se encuentra relativamente bien conservada, el desarrollo urbano de centros turísticos como Cancún, a tan sólo 100 km de Punta Laguna, ha acelerado la transformación de las selvas.

### Historia reciente del área

A continuación se presenta un breve recuento histórico de los eventos más destacados que han marcado tanto las actividades de investigación, como las de conservación en la zona. Los primeros pobladores modernos llegaron a Punta Laguna en 1964 y se establecieron al lado de un sitio arqueológico del maya posclásico. En 1982, al construirse la carretera que comunicó a Punta Laguna con el poblado de Cobá, 25 km al sur, Punta Laguna empezó a ser atractiva como zona turística, inicialmente por

■  
Turistas en Punta Laguna

Foto: Guadalupe Canul



el sitio arqueológico, y posteriormente porque era posible observar a los monos araña alrededor de éste. Fue entonces que la comunidad de Punta Laguna inició las actividades de protección del área en la que habitan los monos araña. Actualmente, esta zona recibe más de 5 000 visitantes al año, en un negocio gestionado por la cooperativa de servicios turísticos *Najil Tucha* (“Casa del mono araña” en maya yucateco), cuyos socios son todas las familias de Punta Laguna.

En 1994, Laura G. Vick, con la participación de los pobladores locales, inició las investigaciones sobre el mono araña en la zona. Estos estudios de campo tenían el propósito de generar conocimiento básico sobre el comportamiento social de los monos araña. Como se verá más adelante, las líneas de investigación fueron ampliándose al incorporarse nuevos investigadores y al surgir la necesidad de obtener mayor información para mejorar las acciones de conservación.

En 1996, con el apoyo de Pronatura Península de Yucatán (PPY), asociación civil interesada en la conservación de la biodiversidad de la región, la comunidad inició las gestiones ante las autoridades federales para que la zona fuera decretada área natural protegida. Así pues, en el 2002, 5 367 ha fueron decretadas como área de protección de flora y fauna *Otoch Ma'ax yetel Kooch* (“Casa del mono araña y el puma”, en maya yucateco). El decreto ayudó a formalizar muchas de las actividades que ya se realizaban en el área, incluyendo la investigación y el ecoturismo. El decreto como área natural protegida implicaba, a su vez, que las autoridades federales se comprometieran a apoyar las actividades de conservación en el área, organizadas en torno al programa de manejo que establece los

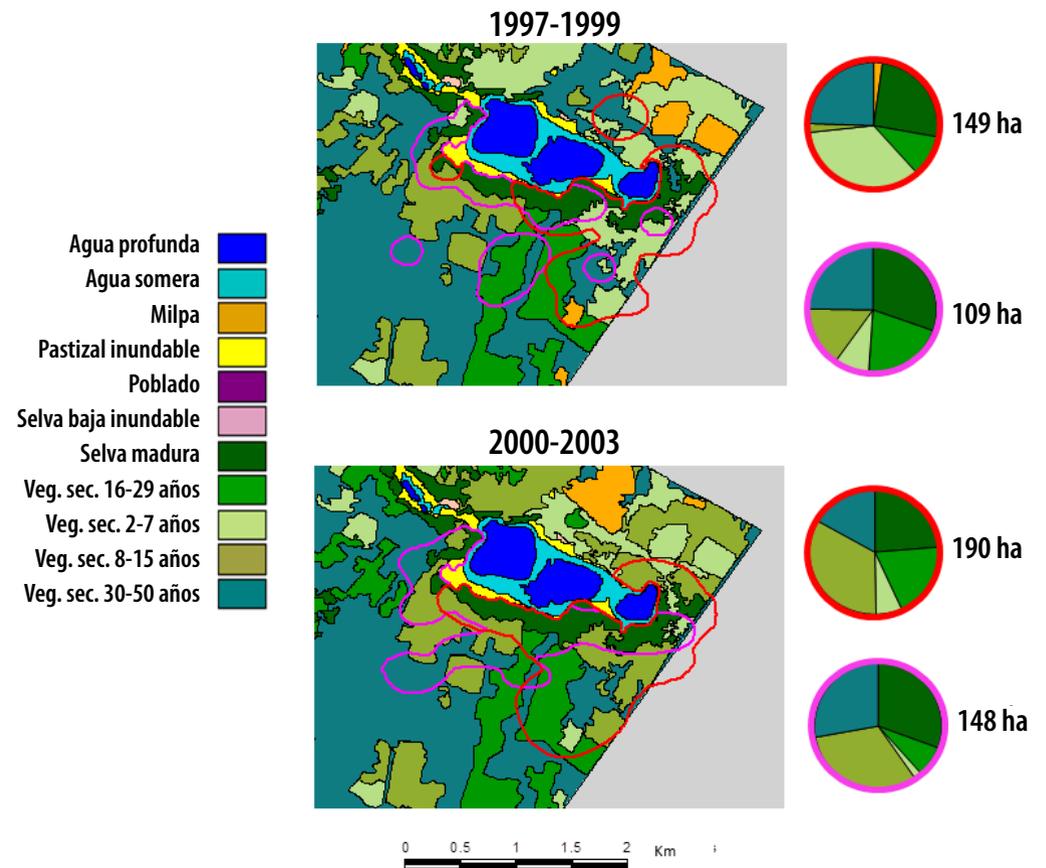


■ Monos araña socializando  
Foto: Ernesto Lehn

objetivos de conservación. Dicho programa fue resultado de una serie de talleres organizados en las comunidades del área por Pronatura Península de Yucatán, A.C. (PPY) y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp), entre 2004 y 2005 (Conanp, 2006). Los talleres contaron con la participación activa tanto de los habitantes locales como de los investigadores, y aportaron la información que se describe a continuación.

### Investigaciones sobre el mono araña y sus aplicaciones a la conservación

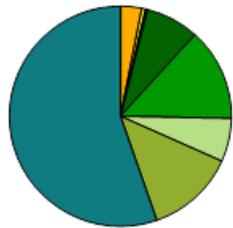
Desde 1996 se han estudiado dos grupos de monos araña alrededor de la laguna principal. Utilizando datos de 1997 a 2003, se definió el ámbito hogareño de los dos grupos durante dos periodos distintos, 1997-1999 y 2000-2003.



Cuando se superponen estos polígonos con el mapa de vegetación correspondiente a cada periodo, podemos ver qué porcentaje del ámbito hogareño está compuesto por diferentes tipos de vegetación. Los tipos de vegetación incluyen la selva madura y diferentes **etapas sucesionales** producto de milpas o incendios que perturbaron la vegetación entre 2 y 50 años antes de la elaboración de cada mapa. Alrededor de una cuarta parte del ámbito hogareño de ambos grupos está compuesto por selva madura, mientras que el resto lo compone vegetación secundaria en diferentes etapas de regeneración, de 8 a 50 años de edad. Al iniciar el estudio, los pobladores de Punta Laguna

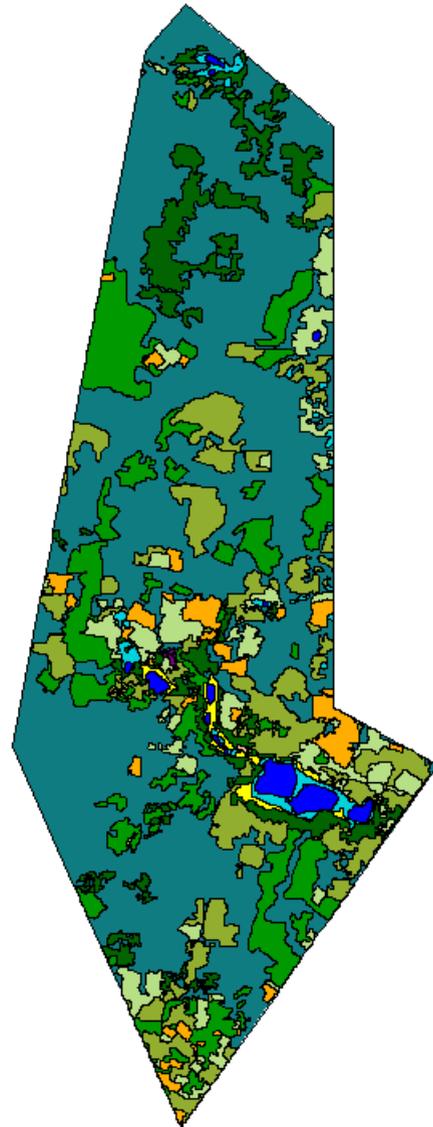
■ Ámbito hogareño de dos grupos en dos periodos de estudio. Las gráficas de pastel muestran la composición y tamaño de estos ámbitos

■ Vegetación del área protegida *Otoch Ma'ax yetel Kooh*. La gráfica de pastel muestra la composición del área en términos de los principales tipos de vegetación



5367 ha

- Agua profunda
- Agua somera
- Milpa
- Pastizal inundable
- Poblado
- Selva baja inundable
- Selva madura
- Veg. sec. 16-29 años
- Veg. sec. 2-7 años
- Veg. sec. 8-15 años
- Veg. sec. 30-50 años



0 1 2 3 4 5 km

reportaban que los monos araña únicamente utilizaban la selva madura. Al conocer mejor el uso de espacio se determinó que, si bien es cierto que pasan la mayoría del tiempo en la selva madura, también forrajean y descansan en zonas con vegetación muy diferente.

Por otra parte, la información sobre los tipos de vegetación utilizada por los monos se tomó para el diseño de la poligonal del área protegida. El mismo análisis de composición de la vegetación en toda el área nos revela que únicamente el 10% del área protegida es selva madura y que la vegetación más abundante es la de 30 a 50 años de edad. Los investigadores participamos en el diseño de la poligonal con información sobre el uso de espacio, proponiendo que la poligonal del área natural protegida incluyera la zona al norte, pues es la que contiene la mayor proporción de selva madura.

Otro tipo de información que ha sido utilizada para tomar decisiones de manejo, son los parámetros demográficos de la población. Particularmente, en 1997, en colaboración con Laura Ibarra y Juan Pedro González Kirchner, se realizó un censo de densidad estableciendo transectos en toda el área, que posteriormente fue decretada como reserva, incluyendo las zonas al norte ya mencionadas. Encontramos densidades muy altas cercanas a un individuo por hectárea en selva madura, y menores en otros tipos de vegetación. Con estos datos, y considerando las diferentes proporciones que existen en los diferentes tipos de vegetación, estimamos que podría haber

■ Mono araña cruzando entre árboles  
Foto: Guadalupe Canul



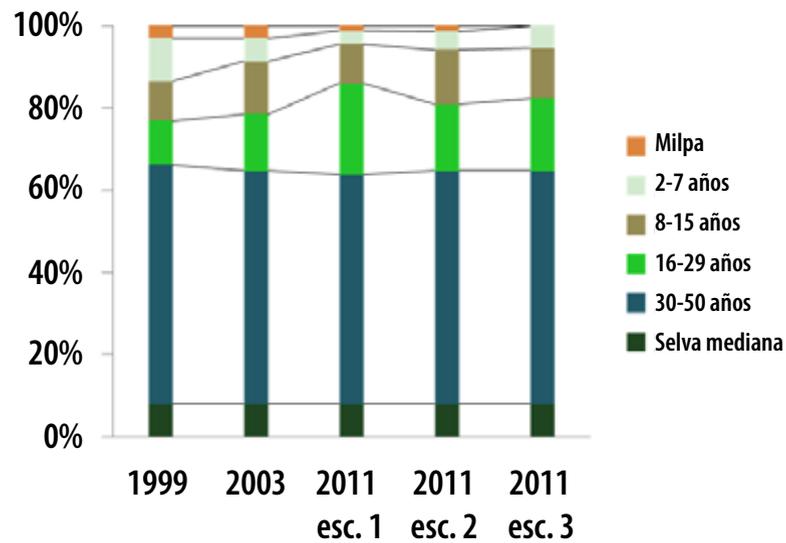
un total de 670 individuos en toda el área. Por otro lado, uno de los grupos que se ha estudiado de forma continua desde 1997 muestra un claro incremento, de 8 adultos en 1997 a 16 en 2010. Para el periodo de 1997 a 2010, los intervalos entre nacimientos para 10 hembras en ambos grupos se encuentran entre 23 y 57 meses, con un promedio de 36 meses. Este intervalo es comparable a lo que se ha encontrado en otros estudios de la misma especie y de otras del mismo género. Algunas hembras han dado a luz hasta cuatro veces durante el estudio (1997 a la fecha).

En su conjunto, estos resultados sobre la demografía y el tamaño poblacional nos sugieren que la población de mono araña es viable, es decir, que tiene una probabilidad alta de permanecer a largo plazo. Información como ésta fue utilizada para justificar, ante las autoridades federales, la declaración de un área como reserva, pues en el decreto se establece que uno de los objetivos principales es la protección del hábitat del mono araña para su permanencia de forma indefinida.

Otro estudio que ha dado información valiosa para el manejo del área es el que realizó Martha Bonilla entre el 2004 y el 2007, como parte de su tesis de doctorado (Bonilla-Moheno, 2008). Ella identificó las especies más importantes en la dieta de los monos araña utilizando datos del estudio sobre los dos grupos ya mencionados, y de esas especies seleccionó 3 que son típicas de selva madura: el ramón (*Brosimum alicastrum*), el pich o guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*) y el zapote (*Manilkara zapota*). Mediante experimentos de germinación y sobrevivencia de plántulas, estableció la probabilidad de que una semilla de estas especies sobreviviera hasta diferentes edades, en diferentes tipos

de vegetación. Lo que encontró fue que las 3 especies sobreviven igualmente en vegetación de 8 a 15 años que en selva madura (>50 años de edad), tanto después de 1 como de 2 años de haber sido sembradas. Cuando se siembran en vegetación más joven (5 años después de haber sido abandonada una milpa), la sobrevivencia es mucho menor. Estos resultados implican que al menos algunas de las principales especies de la dieta de los monos araña, y que además son más abundantes en selva madura que en etapas previas de regeneración, pueden ser sembradas en **etapas sucesionales** tempranas, mejorando así la calidad del hábitat para los primates y acelerando la sucesión. Esto puede ser empleado como una estrategia de restauración ecológica, sobre todo en vista de los resultados de las actividades productivas que se mencionarán más adelante.

Otro proyecto de investigación que ha proporcionado información para la toma de decisiones importantes de manejo es el estudio realizado sobre la cobertura vegetal y el uso de suelo, en colaboración con Bárbara Ayala y Celene Espadas. Lo que se hizo fue analizar mapas de vegetación en cuanto al cambio observado entre 1999 y 2003, en la cobertura de diferentes tipos de vegetación. Después, se efectuó una proyección para el 2011, es decir 8 años después de la fecha del último mapa de vegetación. En esta proyección se utilizaron las tasas de cambio observadas entre diferentes tipos de vegetación y se proyectaron una vez más hacia el futuro (escenario 1), asumiendo las tasas de cambio observadas u otros escenarios hipotéticos (escenario 2: más gente se dedica al ecoturismo y menos a la milpa; escenario 3: existe una prohibición de hacer nuevas milpas súbitamente).



Composición del área protegida en términos de los tipos de vegetación, para 1999 y 2003, así como para tres escenarios planteados para el 2011: escenario 1, mismas tendencias de cambio que las observadas entre 1999 y 2003; escenario 2, cada vez menos gente se dedica a hacer nuevas milpas; escenario 3, existe una prohibición súbita para hacer nuevas milpas

Mientras el área destinada a milpas se mantuvo igual entre 1999 y 2003, hubo un incremento en las etapas de 8 a 15 y 16 a 29 años de edad, con un decremento en la de 2 a 7 años, posiblemente para producción de nuevas milpas. Por otro lado, los escenarios nos muestran que no importando si la disminución en la producción de milpas es paulatina o súbita, el área protegida tendrá mayor proporción de vegetación de 16 años o más, pues no es la que se está utilizando para producir nuevas milpas. Ahora, en 2011, se puede decir que el escenario más realista es el tercero, pues a partir de 2006, después de una temporada muy activa de huracanes, fue prohibida por completo la producción de nuevas milpas dentro de la poligonal. A pesar de que en la actualidad eso ya no representa una amenaza formal en la zona, la prohibición de hacer milpas en el área sigue vigente. Esto a pesar de que en este estudio encontramos que el área protegida sí soportaba una tasa de producción de milpas como la hubo hasta 2003.

Finalmente, el proyecto de investigación en el que ha trabajado Eduardo García Frapolli durante los últimos 9 años, muestra la forma en la que los pobladores locales se apropian de la naturaleza y las implicaciones que esto podría tener para el futuro del área protegida. En la zona viven alrededor de 50 familias (aproximadamente 250 habitantes), todos ellos mayas yucatecos. Una comparación entre las actividades a las que se dedicaba la gente hasta hace 10 o 20 años y a las que se dedica ahora, nos indica que Punta Laguna es una comunidad en transición, tanto productiva (de sembrar milpas a dedicarse al turismo, que implica pasar de una economía de subsistencia a una economía de mercado), como cultural (de fuertes tradiciones religiosas a una aculturación importante, sobre todo por el turismo) y ecológicamente (de un mosaico de vegetación a una selva madura por el abandono de actividades tradicionales).

Esta transición se refleja más claramente en la forma en la que ha ido cambiando la estrategia de **apropiación de la naturaleza**, desarrollándose una especialización productiva y abandonando la

Uso múltiple de apropiación de la naturaleza en el área protegida O'toch Ma'ax yetel Kooh



Estrategia de uso múltiple			
<b>Milpa</b> • agricultura • producción (carbón) • apicultura • leña • cacería	<b>Huertos familiares</b> • árboles frutales • plantas medicinales • plantas ornamentales • animales • semillas	<b>Vegetación sucesional</b> • cacería • recolección (leña, construcción de casas, medicinales) • apicultura • pesca	<b>Conservación</b> • ecoturismo • Investigación científica

mayor parte de las actividades tradicionales para dedicarse al ecoturismo. Actualmente, la comunidad de Punta Laguna depende casi exclusivamente de la selva madura, pues es donde se llevan a cabo las actividades turísticas.

Esta transición productiva ha ido de la mano con un aumento paulatino del número de turistas que visitan Punta Laguna, que pasó de 900 en enero de 2002 a 1 800 en enero de 2008, que asisten a este lugar principalmente para observar a los monos araña. Sin embargo, un análisis más detallado del número de visitas mensuales en ese mismo periodo muestra también grandes oscilaciones, asociadas claramente a eventos externos, como huracanes, crisis financieras mundiales y cambios en las agencias que llevan a la mayoría de los turistas. Al ser una actividad cíclica y sujeta a influencias externas que están completamente fuera del control de la cooperativa, la actividad turística presenta un alto riesgo, en comparación con la estrategia

■ Estudiante  
colectando datos  
Foto: Guadalupe Canul



de usos múltiples, en la cual el simple número de opciones diferentes amortiguaba los riesgos de que alguna actividad productiva no tuviera éxito en un momento dado. Además, existe el peligro, como ocurrió en algunos meses de 2006, de una sobreexplotación del recurso turístico. En esos meses entró un promedio de 80 personas al día, lo cual podría haber tenido consecuencias considerables sobre el comportamiento de los monos araña, al limitarles, por ejemplo, el acceso a ciertas fuentes de alimento durante algunas horas del día.

## Conclusiones

En resumen, las investigaciones ecológicas en Punta Laguna han dado resultados que han servido para tomar decisiones respecto a la conservación de los recursos naturales del área, particularmente del hábitat de los monos araña. En primer lugar, los datos sobre el uso que los monos hacen de los

■ Camino a Punta  
Laguna  
Foto: Ernesto Lehn

diferentes tipos de vegetación y área utilizada sirvieron para establecer la extensión y la forma del área protegida. En segundo, la aparente viabilidad de la población de monos araña en la zona, según los datos sobre densidad poblacional, tendencias en tamaño de grupo y tasas reproductivas, sirvió para justificar el valor del área en términos de conservación de la biodiversidad. En tercer lugar, la demostración de que algunas especies vegetales importantes para los monos araña pueden crecer en etapas tempranas de sucesión, sugiere que un proyecto de restauración ecológica del hábitat, particularmente ahora que la selva madura es el principal paisaje utilizado por la comunidad de Punta Laguna, sería una estrategia que beneficiaría tanto a los primates, al mejorar la calidad de su hábitat, como a la comunidad de Punta Laguna, que depende de una población viable y visible de estos animales. En cuarto lugar, el hecho de que las tendencias de uso de suelo, observadas entre 1997

■ **Mono araña juvenil**  
Foto: Ariadna Rangel  
Negrín



y 2003, no ponen en riesgo la vegetación de mayor edad, nos sugiere que, aunque se practicara a esas mismas tasas, la agricultura de roza-tumba-quema no sería la principal amenaza para el hábitat de los monos araña. Finalmente, el estudio socioeconómico indica que la tendencia a la especialización productiva y la dependencia de la selva madura favorecen la conservación de la selva madura, pero implican, a su vez, un riesgo de sobredependencia o sobreexplotación.

Resulta claro que la cercanía de los polos turísticos, como Cancún y Playa del Carmen, han beneficiado a las actividades de conservación de la población de monos araña. En ese sentido, el caso de Punta Laguna podría no ser automáticamente replicable en otros lugares más alejados de polos turísticos, donde también existen poblaciones de ésta y otras especies de primates. Sin embargo, podemos ofrecer una serie de recomendaciones generales para la aplicación exitosa de los resultados de las investigaciones a la conservación de un área protegida. Por un lado, este estudio ha contado con una importante participación local, ya sea a través de los cuatro asistentes de campo de la comunidad, que llevan más de 14 años trabajando en el proyecto de investigación sobre el mono araña, o a través de la comunicación de los resultados de las investigaciones al resto de la comunidad, incluyendo los demás guías de turistas. Por otro lado, los investigadores, quienes se basaron, en gran medida, en los lazos de confianza que lograron establecer con los miembros de la comunidad de Punta Laguna, han participado activamente en la discusión sobre el manejo de los recursos naturales, los que les ha permitido fungir como asesores en la toma de decisiones a nivel local.

Finalmente, ofrecemos un comentario sobre la interacción entre las diferentes disciplinas científicas. Las investigaciones sobre ecología del mono araña han sido lo suficientemente flexibles para añadir temas nuevos de investigación, incorporando por ejemplo los estudios de uso de espacio a lo que ya se estaba haciendo sobre comportamiento social o apoyando los estudios de ecología vegetal con los resultados sobre la dieta de los monos araña. También ha existido, como lo demuestra este capítulo, una interacción muy fructífera entre la ecología y otras disciplinas sociales, como la economía ecológica, para conocer más a profundidad el sistema socioecológico de Punta Laguna.

## **DISPERSIÓN DE SEMILLAS POR MONOS ARAÑA Y SU IMPLICACIÓN PARA LA REGENERACIÓN DE LAS SELVAS**

Víctor Arroyo-Rodríguez, Oscar M. Chaves,  
Beatriz Guzmán-Romero, Edgar F. Ávila, Kathryn E. Stoner

**L**os bosques tropicales ocupan el 6% de la superficie terrestre, pero albergan a más de la mitad de las especies del planeta y aportan importantes bienes y servicios ambientales. Sin embargo, estos bosques han sido los más deforestados a nivel global. En México, el 90% de los bosques tropicales han desaparecido y los bosques remanentes se encuentran muy fragmentados. Bajo este escenario, es fundamental conocer y comprender mejor los factores que afectan la regeneración de estos bosques, ya que esta información permitirá el buen manejo y la conservación de este ecosistema tropical.

■ **Bosque tropical**  
Foto: Humberto Bahena  
Basabe  
Conabio,  
Banco de imágenes



Los primates mexicanos dispersan semillas de muchas especies de plantas tropicales, tanto en bosques conservados como en fragmentos de bosque. Por esta razón es probable que tengan un papel clave en la regeneración de bosques fragmentados e, indirectamente, en el mantenimiento de la calidad de su hábitat. Esta hipótesis se comprobó con monos araña en un paisaje fragmentado en la selva Lacandona, en Chiapas. La investigación se enfocó en el estudio de estos monos porque son considerados dispersores eficientes de semillas y, por ende, su contribución en la regeneración de bosques tropicales es fundamental. Esto es particularmente cierto, ya que tienen una distribución amplia (desde México a Colombia), ocupan grandes territorios para vivir (entre 37 y 150 ha) y se alimentan principalmente de frutos (dedican entre el 55 y 85% del tiempo a alimentarse de frutos,



de entre 50 y 200 especies de plantas). Existen pocos estudios en Mesoamérica que evalúen el papel de estos mamíferos en la regeneración de bosques fragmentados. Sin embargo, esta información es crucial, debido a que éstos son muy vulnerables a la alteración de su hábitat, y se desconoce el impacto que podría tener su extinción sobre la regeneración de los bosques tropicales. Así, si comprendemos mejor su papel en la recuperación de selvas, podremos elaborar estrategias de manejo que contribuyan a mejorar la calidad de su hábitat y, por consiguiente, a la conservación de estos animales en paisajes fragmentados a largo plazo.

### **Los primates y la regeneración de bosques tropicales fragmentados**

La regeneración de bosques tropicales es un proceso complejo y dinámico que depende de innumerables factores físicos, como la luz o la humedad; biológicos, como la **diversidad genética**, o la fecundidad, y ecológicos, como la polinización o la dispersión de semillas. Dentro de los factores ecológicos, la dispersión de semillas es clave (más del 80% de las especies de árboles tropicales dependen de los animales para dispersar sus semillas); una vez ingeridas, las semillas pueden ser transportadas y defecadas lejos del árbol donde fueron consumidas (árbol parental). Este proceso es conocido como dispersión primaria, y contribuye significativamente al establecimiento exitoso de las semillas, al permitirles escapar de la alta depredación de semillas que ocurre debajo de los árboles parentales, donde la alta densidad de frutos y semillas atrae un mayor número de depredadores de semillas.

■  
**Mototo**

Foto: Arturo González  
Zamora



En bosques tropicales, los vertebrados más importantes en la dispersión primaria de semillas son los mamíferos (especialmente los murciélagos y primates) y las aves. Por su tamaño corporal, en general las aves y los murciélagos transportan una menor cantidad de semillas, que suelen ser pequeñas (<1 cm de largo). Mientras que las semillas de mayor tamaño son dispersadas por primates y aves frugívoras grandes, como tucanes o trogones. No obstante, a diferencia de las aves, los primates frugívoros pueden ingerir más semillas. Además, de que éstas son retenidas por más tiempo en el tracto digestivo, favoreciendo de esta manera la germinación de las semillas, al adelgazar su **testa** (capa que protege a la semilla del medio ambiente) por la acción de los ácidos gástricos y eliminar los inhibidores de la germinación que comúnmente aparecen en la pulpa que rodea a las semillas.



■  
**Tucán**

Foto: Arturo González  
Zamora

Una vez defecadas, las semillas que caen sobre las ramas o el suelo pueden ser removidas por muchos animales, como roedores, hormigas o escarabajos, los cuales a menudo las entierran para almacenarlas y consumirlas cuando el alimento es escaso. A este proceso se le conoce como “dispersión secundaria” de las semillas, y puede tener un papel crucial en la regeneración de bosques tropicales, debido a que las semillas enterradas tienen mayor probabilidad de escapar de los depredadores y germinar.

La germinación de semillas y el crecimiento y supervivencia de plántulas también son procesos que pueden afectar la regeneración de bosques tropicales. Estos procesos son afectados por multitud de factores bióticos y abióticos. Por ejemplo, existen hongos, virus, invertebrados y vertebrados que pueden alimentarse de las semillas y/o de las plántulas, afectando negativamente el crecimiento y supervivencia de las mismas. De igual modo, la luz y la humedad también pueden afectar la



■ Excretas de mono araña con semillas, Lacandona  
Foto: Oscar M. Chaves

germinación de semillas y el crecimiento y supervivencia de plántulas. De hecho, en los bosques tropicales se reconocen diferentes **grupos funcionales de plantas** que responden de manera diferente a los cambios en la luz. Las especies intolerantes a la sombra o pioneras (de aquí en adelante, especies demandantes de luz) germinan y crecen rápidamente bajo condiciones de luz intensa, típicas de claros y bordes de bosques tropicales; mientras que las especies tolerantes a la sombra, características de bosques conservados, germinan y crecen lentamente, principalmente bajo la sombra del dosel del bosque.

Todos los procesos descritos arriba pueden verse alterados en paisajes fragmentados, donde las condiciones adversas, como la pérdida de hábitat o la cacería, pueden llevar a la extinción a muchos vertebrados, incluidos los primates. Como consecuencia, la dispersión primaria de semillas, especialmente de las especies que tienen semillas de mayor tamaño, puede ser limitada en fragmentos.

Además, en hábitats fragmentados puede aumentar la proliferación de algunos hongos patógenos y de animales generalistas, como pequeños roedores y hormigas, lo que redundará en un aumento de la depredación de semillas, limitando el crecimiento y supervivencia de las plántulas. También es conocido que las condiciones microclimáticas pueden cambiar dentro de los fragmentos, es decir, que aumente la temperatura y la incidencia de luz, o que se reduzca la humedad ambiental y del suelo. Así pues, este conjunto de cambios bióticos y abióticos puede alterar la regeneración de bosques fragmentados, especialmente cerca de los bordes de los fragmentos, que es donde ocurren los cambios más drásticos en las condiciones bióticas y abióticas.

En el presente trabajo se evaluaron varios de estos procesos con base en una investigación de tres años realizada en la selva Lacandona, Chiapas. El objetivo general de esta investigación fue entender

■ Paisaje agropecuario. Río Lacantún y selva  
Foto: Víctor Arroyo



el papel de los monos araña (*A. geoffroyi*) en la regeneración de bosques fragmentados. Para cumplir con este propósito, primero se analizaron los cambios en composición y estructura de la vegetación entre fragmentos de bosque y bosque continuo, así como las implicaciones que éstos pueden tener en la dieta de los monos araña. Segundo, se evaluó si los cambios en la dieta afectaban la composición de especies y número de semillas presentes en excretas de monos en ambos tipos de hábitat. Tercero, para evaluar el papel de los monos araña sobre la regeneración de bosques fragmentados, se analizaron las diferencias en la estructura y composición de las plántulas que se establecen en el bosque continuo, en fragmentos con monos y en fragmentos sin monos. En cuarto lugar, se examinó el impacto de la remoción y depredación de semillas de siete especies dispersadas principalmente por monos en el borde y en el interior del bosque continuo y de fragmentos de bosque. Finalmente, se evaluaron la

■ Parcelas para experimento de crecimiento de plántulas

Foto: Oscar M. Chaves



germinación de semillas, el crecimiento y supervivencia de plántulas de dos especies de árboles principalmente dispersadas por monos (una especie demandante de luz y una especie tolerante a la sombra), para tratar de probar los buenos resultados que se han logrado en su establecimiento en sitios de borde e interior, tanto en bosque continuo como en fragmentos.

### Área de estudio

El área de estudio se ubica en la selva Lacandona, Chiapas, México, en dos áreas adyacentes separadas por el río Lacantún: la Región de Marqués de Comillas (RMC), y la Reserva de la Biósfera Montes Azules (Rebima). La vegetación dominante es selva alta perennifolia, aunque desde los setenta ha sido muy deforestada y fragmentada. Para el estudio seleccionamos nueve fragmentos localizados en la RMC, de los cuales seis estuvieron ocupados y tres desocupados por monos araña.

### Vegetación y dieta de monos araña en bosque continuo y fragmentos

En términos de densidad, frecuencia y **área basal**, las especies de plantas que en conjunto constituyen más del 80% del tiempo total de alimentación de este primate (especies “top”, de aquí en adelante) son menos importantes en fragmentos que en bosque continuo (Cuadro 8). Además, la **densidad de árboles** grandes (diámetro a la altura del pecho, DAP>60 cm) de especies “top” es menor en fragmentos (1.3 árboles/1 000 m<sup>2</sup> en promedio) que en

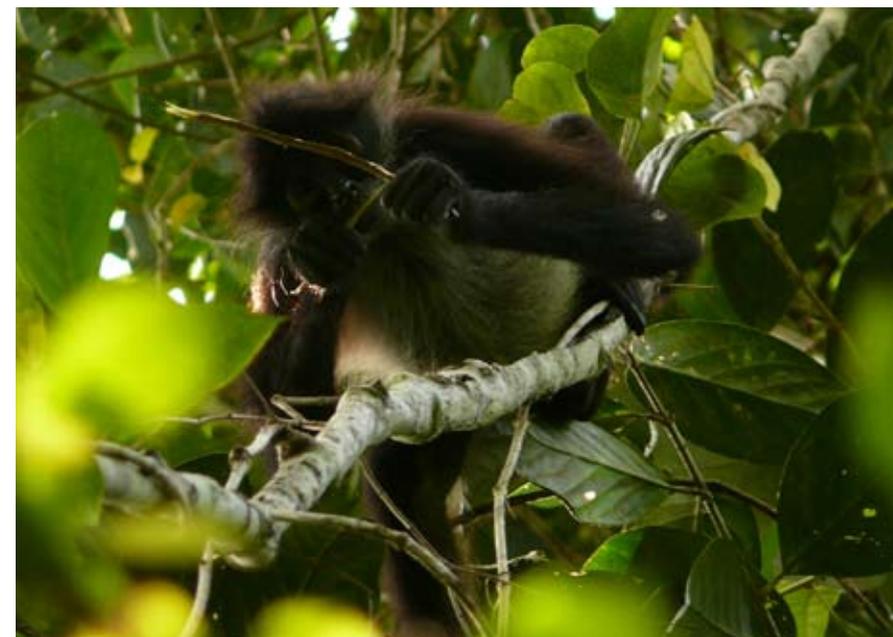
el bosque continuo (4 árboles/1 000 m<sup>2</sup>) (Chaves *et al.*, 2011 a). La alta mortalidad de árboles grandes, que a menudo ocurre en los bordes de los fragmentos, y la extracción selectiva de madera en la zona, pueden explicar estos resultados, los cuales, en conjunto, revelan que la disponibilidad de alimento es notablemente menor en fragmentos.

### CUADRO 8

#### Importancia de especies "top" en bosque continuo y fragmentos de la selva

Especies	Familia	Índice de valor de la importancia	
		Bosque continuo	Fragmentos
<i>Ficus insipida</i>	Moraceae	0	0.7
<i>Ficus tecolutensis</i>	Moraceae	0.6	0.5
<i>Brosimum alicastrum</i>	Moraceae	17.0	10.2
<i>Dialium guianense</i>	Fabaceae	33.9	28.4
<i>Guarea glabra</i>	Meliaceae	74.6	54.1
<i>Spondias mombin</i>	Anacardiaceae	0	1.5
<i>Spondias radlkoferi</i>	Anacardiaceae	14.2	10.8
<i>Cupania</i> spp. (2)	Meliaceae	3.8	0.5
<i>Virola guatemalensis</i>	Myristicaceae	2.9	0
<i>Licania platypus</i>	Chrysobalanaceae	5.6	7.6
<i>Nectandra reticulata</i>	Lauraceae	6.1	1.5
<i>Protium copal</i>	Burseraceae	3.3	1.5
<i>Ampelocera hottlei</i>	Ulmaceae	32.3	7.2
<i>Pouteria campechiana</i>	Sapotaceae	12.8	3
<i>Pouteria sapota</i>	Sapotaceae	1.9	1.5
<i>Mortoniendron</i> sp.	Malvaceae	1.8	0
<b>TOTAL</b>		<b>217</b>	<b>148.7</b>

Aunque los monos araña se alimentan de una gran cantidad de especies de plantas (121 especies, 96 géneros, 39 familias), la diversidad dietética es mayor en fragmentos (66 especies en promedio) que en el bosque continuo (50 especies) (Chaves *et al.*, 2011 a). Éstos se alimentan principalmente de frutos (55.6% del tiempo total de alimentación,



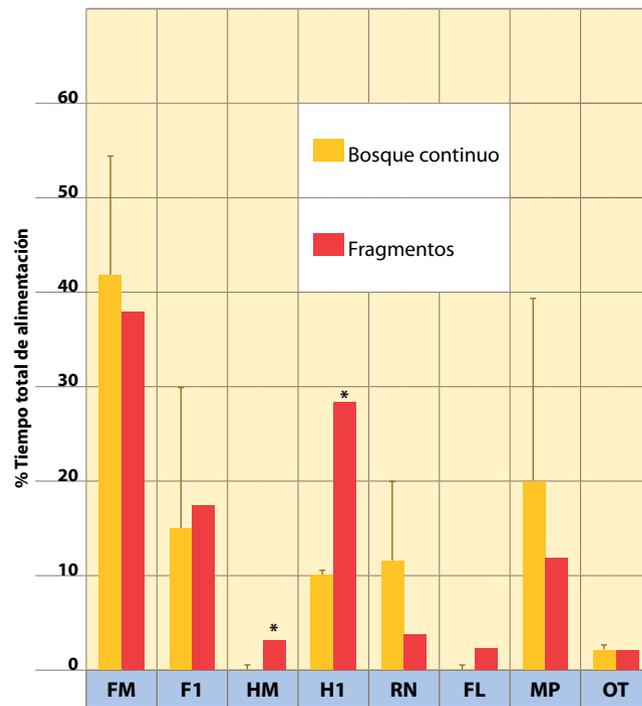
■ Mono araña comiendo ramas de *Licania platypus*  
Foto: Oscar M. Chaves

88 especies) y hojas (18.5%, 66 especies), siendo el consumo de hojas mayor en fragmentos que en bosque continuo. Esto puede deberse a la escasez de alimento en los fragmentos, que puede "forzar" a los primates a consumir más hojas, que son más abundantes y están más ampliamente distribuidas que los frutos.

#### Composición de especies y número de semillas en excretas de monos araña

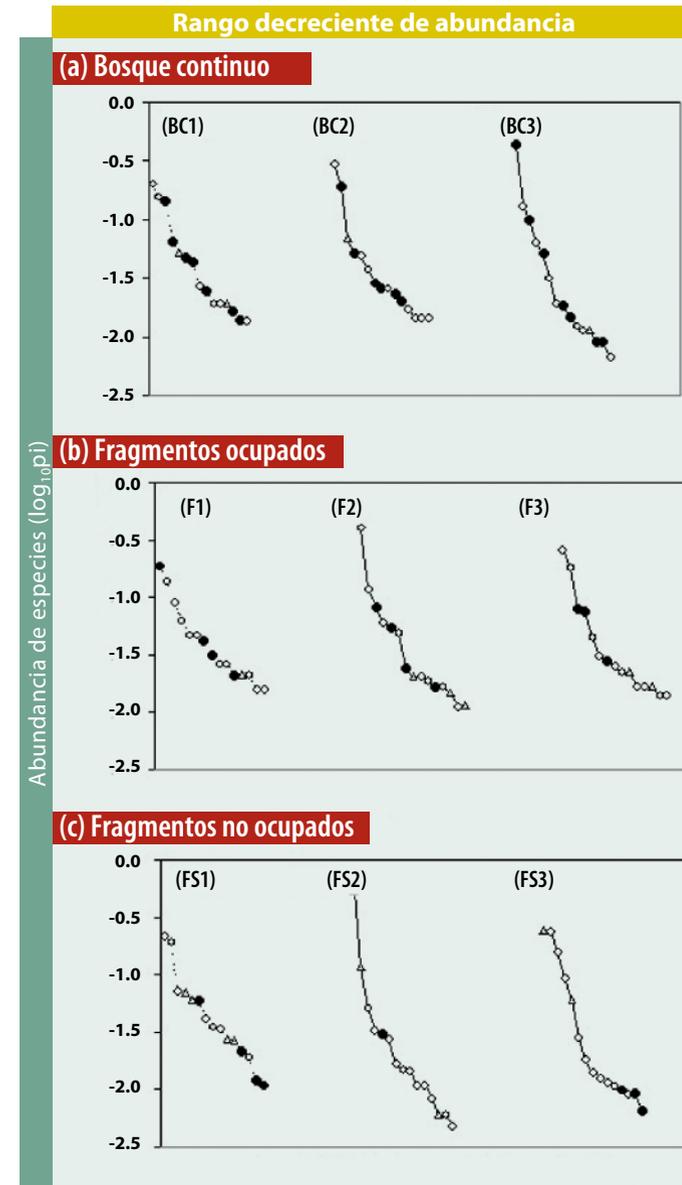
Encontramos que más del 90% de las excretas (de un total de 957 excretas) contienen semillas, pertenecientes a 71 especies, 39 géneros y 23 familias de plantas (Chaves *et al.*, 2011 b). El tamaño de las semillas varía desde poco más de un milímetro (*e.g.*, *Ficus* spp., *Cecropia obtusifolia*) hasta cerca de 4 cm de largo (*Attalea butyraceae*). Las especies con semilla grande (>1 cm de largo) más comunes son

*Ampelocera hottlei*, *Attalea butyracea*, *Dialium guianense*, *Guarea glabra*, *Inga* spp., *Posoqueria latifolia*, *Spondias mombin* y *S. radlkoferi*. El número de semillas por excreta varía entre cero y seis (1.3 semillas en promedio), pero dado que los monos se alimentan de más hojas en fragmentos, el porcentaje de excretas sin semillas es mayor en fragmentos (17.5% en promedio) que en bosque continuo (4.5%). Estos resultados indican que, aunque los monos araña pueden ser importantes dispersores de semillas en ambos tipos de hábitat, el mayor consumo de hojas en fragmentos puede limitar su eficiencia como dispersor de semillas en paisajes fragmentados.



■ Porcentaje de tiempo que los monos araña dedicaron a alimentarse de diferentes módulos vegetales en bosque continuo y fragmentos de la selva Lacandona, Chiapas. Los asteriscos indican los casos en los que se encontraron diferencias significativas. Siglas: MF= frutos maduros, MI= frutos inmaduros, HM= hojas maduras, HI= hojas inmaduras, RN= ramas nuevas, FL= flores, MP= madera podrida, OT= otros.

## Establecimiento de plántulas en bosque continuo y fragmentos de bosque



■ Abundancia relativa de las 15 especies de plántulas más abundantes en los sitios estudiados dentro del bosque continuo. (a) Fragmentos ocupados por monos araña. (b) Fragmentos no ocupados por primates. (c) Los círculos negros representan especies dispersadas primordialmente por primates; los círculos blancos son especies dispersadas por primates y otros vertebrados, y los triángulos representan especies dispersadas por viento y/o gravedad.

Durante 17 meses se registró un total de 6879 plántulas, de 5 a 100 cm de altura, pertenecientes a 90 especies, 59 géneros y 37 familias, en 45 parcelas de 1 m<sup>2</sup>, en tres sitios dentro del bosque continuo, tres fragmentos con monos y tres fragmentos sin monos (Chaves, 2010). La mayoría son especies dispersadas por primates (69%) y otros vertebrados (semillas menores a 1 cm de largo). El 20% son especies dispersadas por medios abióticos (viento y gravedad), y 11% son especies principalmente dispersadas por primates (*i.e.*, importantes en la dieta de los monos, frecuentes en sus excretas y con semillas mayores a 1 cm de largo). El establecimiento de especies principalmente dispersadas por primates es mayor en el bosque continuo y en los fragmentos con monos que en los fragmentos sin monos. Además, la **dominancia de especies**,

■ Plántulas marcadas  
*Inga punctata*  
y *Posoqueria latifolia*  
Foto: Víctor Arroyo



dispersadas principalmente por primates, es mayor en el bosque continuo y fragmentos con monos que en fragmentos sin monos. Por tanto se puede concluir, como se ha hecho con otras especies de primates mexicanos, que los monos araña también tienen un papel fundamental en la regeneración de bosques tropicales fragmentados.

### Remoción y depredación de semillas en bosque continuo y fragmentos

Durante 9 meses se evaluaron la remoción y la depredación de semillas grandes (entre 1 y 4.5 cm de largo) de siete especies de plantas dispersadas principalmente por primates: *Attalea butyracea*, *Brosimum alicastrum*, *Dialium guianense*, *Inga punctata*, *Inga vera*, *Posoqueria latifolia* y *Spondias mombin*, en bosque continuo y fragmentos, tanto cerca del borde (<50 m del borde) como en el interior (>100 m) de cada sitio (Guzmán-Romero, 2010). Asimismo, se consideraron removidas a las semillas desaparecidas. Éstas pudieron ser depredadas o dispersadas secundariamente por algún animal. La depredación de semillas sólo se registró cuando se observaron restos de semillas depredadas.

Se observó que el 43.5% de las semillas (de un total de 1 080 semillas por especie) son removidas. La remoción de semillas es mayor en las semillas de menor tamaño (*D. guianense* y *P. latifolia*). Este resultado puede estar relacionado con la falta de consumidores de frutos y semillas grandes, como los pecarís o tepezcuintles, en paisajes fragmentados. Por otro lado, colocando semillas con o sin exclusiones, encontramos que la remoción de semillas es mayor en tratamientos sin exclusión (68% en promedio)

que en tratamientos con exclusión (17%), y dentro de los primeros, la remoción es mayor en bosque continuo que en fragmentos, y es similar entre sitios de borde e interior. Las exclusiones fueron realizadas con mallas de criba con una apertura de malla de 5 x 5 mm; por tanto, limitaban el acceso de vertebrados pero permitían el paso de algunos insectos pequeños, como hormigas y pequeños escarabajos; por lo que se infiere que la remoción de semillas es llevada a cabo principalmente por vertebrados, como los roedores, y que este proceso es limitado en fragmentos, donde puede haber una menor diversidad y abundancia de vertebrados.

Por otra parte, se observaron signos de depredación en el 8% de las semillas, presentándose la depredación mayor en fragmentos que en bosque continuo. Al igual que la remoción, la depredación es mayor en semillas más pequeñas (*D. guianense* y *P. latifolia*), y también fue mayor en tratamientos sin exclusión (6% en promedio) que en tratamientos con exclusión (2%). Estos resultados son consistentes con el análisis de establecimiento de plántulas

■ **Mono araña juvenil explorando**

Fuente: Arturo González Zamora



descrito, ya que implica que la supervivencia de semillas (y posible establecimiento de plántulas) es menor en fragmentos. Se estima que esto se puede explicar por el aumento en la abundancia de algunos roedores pequeños e insectos generalistas, como hormigas, en fragmentos.

### **Germinación de semillas y crecimiento y supervivencia de plántulas**

Se evaluaron la germinación de semillas, el crecimiento y la supervivencia de plántulas en dos especies de plantas: *Inga vera* (especie demandante de luz) y *Posoqueria latifolia* (especie tolerante a la sombra) (Ávila, 2011). Probablemente por la abundancia de agua durante la temporada de lluvias, y el hecho de que ambas especies tienen **semillas recalcitrantes**, la germinación es alta en ambas especies (75% en total), sin embargo es mayor en *I. vera* (95.7% en promedio) que en *P. latifolia* (54.1%). El crecimiento de plántulas al final del experimento (9 meses) también es mayor en *I. vera* (12 cm de alto, en promedio) que en *P. latifolia* (6 cm), y en el caso particular de *I. vera*, tiende a crecer más en fragmentos. Al final del experimento, sobrevivió un mayor porcentaje de plántulas de *I. vera* (68%) que de *P. latifolia* (52%). Aunque la supervivencia de *I. vera* fue similar entre hábitats, la de *P. latifolia* fue mayor en el bosque continuo que en los fragmentos. Estos resultados son consistentes con la hipótesis que plantea que las especies demandantes de luz son más resistentes a condiciones ambientales adversas, como las que ocurren en paisajes fragmentados. Las especies demandantes de luz germinan y crecen más rápido que las especies tolerantes a la



■ Plántulas de *Inga punctata* y *Posoqueria latifolia*  
Foto:  
Beatriz Guzmán-Romero

sombra, particularmente en ambientes con abundante luz, como el que se presenta en claros dentro de los bosques y en fragmentos de bosque. Por tanto, es posible que dentro de los fragmentos de bosque el papel de los primates como dispersores de semillas beneficie particularmente a especies de plantas demandantes de luz.

### Conclusiones

Los monos araña dispersan semillas de una gran cantidad de especies de árboles tropicales, en bosque continuo y en fragmentos de bosque; sin embargo, su eficiencia como dispersores puede ser menor en fragmentos, donde dedican más tiempo a consumir hojas y la proporción de excretas sin semillas es mayor. De hecho, en contraste con lo observado en fragmentos sin monos, la comunidad de plántulas en el bosque continuo y en fragmentos con monos estuvo dominada por especies principalmente dispersadas por monos araña. Esto

sugiere que los primates tienen un papel ecológico fundamental, ya que contribuyen al establecimiento de especies de plantas con semillas grandes (>1 cm de largo). En este sentido, encontramos evidencias que indican que la desaparición de monos araña de fragmentos limita el establecimiento de este grupo de especies.

Aunque en los bosques tropicales una especie de planta puede ser dispersada por muchos animales fenómeno denominado “redundancia ecológica”, esta redundancia es mayor en las especies de plantas que tienen semillas más pequeñas y que pueden ser ingeridas y dispersadas por un mayor número de animales. Sin embargo, las especies de plantas con semillas grandes son dispersadas principalmente por un número reducido de frugívoros grandes especializados, como son los primates, por lo que su desaparición puede provocar cambios bruscos en la capacidad de regeneración de los ecosistemas. Nuestros resultados apoyan fuertemente esta hipótesis.

■ Mono araña descansando  
Foto:  
Arturo González Zamora



El bajo establecimiento de especies de plantas con semillas grandes en fragmentos también puede estar relacionado con los patrones de remoción y depredación de semillas. La remoción de semillas (y posible dispersión secundaria) es menor en semillas de mayor tamaño. La diversidad y densidad de los vertebrados medianos que se dedican a consumir estas semillas, y que pueden eventualmente dispersarlas, suele ser menor en paisajes fragmentados, donde pueden ser más fácilmente cazados. En contraste, la depredación de semillas por pequeños roedores generalistas probablemente es mayor en este tipo de hábitat.

Otro aspecto que hay que considerar cuando evaluamos el éxito en el establecimiento de plántulas es el **grupo funcional** al que pertenece cada especie. La mayoría de las especies dispersadas por primates son especies tolerantes a la sombra, y las condiciones ambientales dentro de los fragmentos (mayor luz y temperatura, menor humedad) pueden limitar el crecimiento y supervivencia de estas

■ Guacamayas rojas en la selva Lacandona  
Foto:  
Arturo González Zamora



especies (González-Di Pierro *et al.*, 2011). Los hallazgos del estudio son consistentes con esta idea, y sugieren que el impacto de los monos araña sobre la regeneración del bosque dependerá en gran medida de las condiciones ambientales que dominen dentro de su área de actividad.

Aunque la conservación de los remanentes de bosque más grandes es quizás la estrategia de manejo más importante para conservar esta especie de primate, se cree que es fundamental mantener la conectividad del paisaje, pues esto puede facilitar el movimiento de monos araña entre fragmentos, favoreciendo la regeneración de bosques fragmentados. Además de que la calidad de estos sitios puede mejorar a largo plazo, al favorecer la dispersión y el establecimiento de las especies que son más importantes en su dieta. Asimismo, la conectividad también es crucial para contribuir al intercambio genético entre individuos e incrementar la **diversidad genética** de las poblaciones de plantas y animales.

■ Amanecer en la selva Lacandona  
Foto:  
Arturo González Zamora





## Aportaciones interdisciplinarias para la conservación de los primates mexicanos

El principal objetivo de la biología de la conservación es aportar conceptos y herramientas para preservar la biodiversidad. Para cumplir con este objetivo desde sus orígenes se ha caracterizado por ser ecléctica y multidisciplinaria, intentando romper la dicotomía existente entre las ciencias puras y las aplicadas. En este sentido, la biología de la conservación ha incluido conocimientos de disciplinas tan diversas como la economía, la ecología, la física, la sociología o la medicina veterinaria. En particular, gracias a la simplificación y reducción de los costos de varios procedimientos de laboratorio en las últimas dos décadas, las técnicas de diagnóstico genético y fisiológico de poblaciones silvestres de animales y plantas son más asequibles para la biología de la conservación, lo cual ha permitido explorar las consecuencias proximales de la perturbación ambiental.

En los dos capítulos que se presentan en esta sección se verá cómo el monitoreo genético y endocrinológico de los primates mexicanos aporta información relevante para su conservación. Por un lado, A. Rangel-Negrín y sus colaboradores revisan todos los estudios publicados hasta la fecha sobre las hormonas de los primates mexicanos, para ilustrar cómo la medición endócrina no invasiva permite ampliar el conocimiento acerca de las respuestas fisiológicas de los primates mexicanos a cambios socioambientales. Sobre todo es relevante en este contexto la tendencia a identificar en las tres especies de primates mexicanos niveles más bajos de estrés fisiológico ante situaciones ambientales con un número menor de estresores.

■  
**Mono araña**  
Foto: Arturo González  
Zamora

Por otro lado, L. Cortés-Ortiz expone de manera general la contribución de los estudios genéticos a la conservación de especies, y discute cómo los estudios genéticos de primates mexicanos están aportando información fundamental para el diseño e implementación de acciones conservacionistas. Además, plantea distintos aspectos sobre el manejo y conservación de las poblaciones remanentes de primates mexicanos, que deberán ser abordados en estudios genéticos futuros.

## RESPUESTAS HORMONALES DE LOS PRIMATES MEXICANOS A FACTORES SOCIOAMBIENTALES

Ariadna Rangel-Negrín, Pedro Américo D. Dias,  
Domingo Canales-Espinosa

En términos generales, las hormonas son mensajeros químicos encargados de la regulación del organismo. Son producidas por glándulas especializadas llamadas endocrinas y liberadas al torrente sanguíneo, donde pueden actuar sobre órganos o tejidos. Las hormonas desempeñan funciones críticas en los organismos, ya que coordinan la fisiología y la conducta de un animal a través de la regulación, la integración y el control de sus funciones corporales. Así, el estudio de las respuestas hormonales de los individuos permite entender cómo interactúan con su ambiente físico, ecológico y social.

En el caso de los primates no humanos (a los que denominaremos como primates a partir de este momento), en las últimas tres décadas se ha multiplicado el número de estudios abocados a entender su **endocrinología**. En particular, la investigación sobre éstos se ha enfocado a dos problemas principales: los efectos del ambiente social sobre las interacciones entre las hormonas y el comportamiento; y la forma en que modulan y controlan las hormonas los procesos fisiológicos en animales expuestos a las exigencias de sus ambientes naturales. El primer problema define la socioendocrinología, mientras que el segundo determina la **endocrinología** ambiental. En conjunto, las aportaciones de ambos campos han permitido establecer, por ejemplo, que la participación en la crianza de infantes modifica los

■  
**Cría lactando**  
Foto: Ariadna Rangel  
Negrín



perfiles endocrinos de los machos; que los costos energéticos de la reproducción conducen al incremento de los niveles de estrés en machos y hembras, o bien, que el estrés reproductivo se puede exacerbar cuando los animales presentan épocas reproductivas temporalmente limitadas.

Por lo anterior, es indiscutible que la **endocrinología** tiene el potencial de generar conocimientos relevantes para la conservación de los organismos; además, recientemente, se ha propuesto un nuevo campo de investigación dentro de esta disciplina: la **endocrinología** de la conservación. Los estudios desarrollados en este terreno pretenden obtener información endocrina básica para la resolución de problemas de conservación.



En este contexto, en el presente capítulo se realiza una breve descripción de la investigación endocrinológica que se ha llevado a cabo con primates mexicanos con el objetivo de identificar información importante para su conservación.

### **Estudios endocrinológicos con primates mexicanos**

A lo largo de los últimos 13 años, se han publicado 18 artículos de investigación que documentan resultados de estudios endocrinológicos con primates mexicanos (Cuadro 9). Además de las publicaciones, se han desarrollado varias tesis de licenciatura y posgrado sobre este tema, pero en el presente capítulo se comentarán los resultados de solamente dos de estas tesis. Nueve de esas publicaciones han analizado glucocorticoides (GCs; ver sección sobre estrés); ocho estudios se han abocado a una

■  
**Extractos de muestras fecales para determinaciones hormonales**  
Foto: Ariadna Rangel  
Negrín

o varias hormonas sexuales; y uno reporta datos sobre hormona tiroidea. La especie más explorada ha sido *Ateles geoffroyi*, con cinco investigaciones sobre hormonas sexuales (17 $\beta$ -estradiol, hormona luteinizante, progesterona y testosterona) y dos estudios sobre GCs (cortisol).

## Cuadro 9

### Estudios sobre aspectos endocrinológicos de algunos primates mexicanos

Estudio	Especie	Hormona	N°	Caut/VL <sup>†</sup>
Aguilar-Cucurachi <i>et al.</i> , 2010	<i>A. palliata</i>	Corticosterona	4/1/128	Caut/VL
Behie <i>et al.</i> , 2010 <sup>‡</sup>	<i>A. pigra</i>	Cortisol	33/6/350	VL
Cerda-Molina <i>et al.</i> , 2006	<i>A. geoffroyi</i>	Estradiol, progesterona	5/1/800	Caut
Cerda-Molina <i>et al.</i> , 2009	<i>A. geoffroyi</i>	Luteinizante, testosterona	3/1/129	Caut
Cristóbal-Azkarate <i>et al.</i> , 2006	<i>A. palliata</i>	Testosterona	17/10/31	VL
Cristóbal-Azkarate <i>et al.</i> , 2007	<i>A. palliata</i>	Corticosterona	35/10/66	VL
Davis <i>et al.</i> , 2005 <sup>‡</sup>	<i>A. geoffroyi</i>	Testosterona	7/1/77	Caut
Dunn <i>et al.</i> , 2011	<i>A. palliata</i>	Corticosterona	12/2/233	VL
Flores-Escobar, 2010 <sup>**</sup>	<i>A. pigra</i>	Cortisol, estradiol, progesterona, testosterona	ND/ND/41	VL
Hernández-López <i>et al.</i> , 1998	<i>A. geoffroyi</i>	Estradiol, progesterona	4/1/120	Caut
Hernández-López <i>et al.</i> , 2007	<i>A. geoffroyi</i>	Estradiol, progesterona	5/1/ND	Caut
Hernández-López <i>et al.</i> , 2010	<i>A. geoffroyi</i>	Estradiol, progesterona	5/1/ND	Caut
Martínez-Mota <i>et al.</i> , 2007	<i>A. pigra</i>	Cortisol	18/4/72	VL
Martínez-Mota <i>et al.</i> , 2008	<i>A. pigra</i>	Cortisol	4/3/33	Caut
Rangel-Negrín, 2010 <sup>**</sup>	<i>A. pigra</i>	Cortisol	21/5/371	VL
Rangel-Negrín <i>et al.</i> , 2009	<i>A. geoffroyi</i>	Cortisol	ND/ND/121	Caut/VL
Rangel-Negrín <i>et al.</i> , 2011 b	<i>A. pigra</i>	Testosterona	9/5/93	VL
Van Belle <i>et al.</i> , 2009 a	<i>A. pigra</i>	Estradiol, progesterona	5/2/231	VL
Van Belle <i>et al.</i> , 2009 b	<i>A. pigra</i>	Cortisol, testosterona	14/2/343	VL
Wasser <i>et al.</i> , 2010	<i>A. palliata</i>	Tiroidea	5/1/43	Caut

\* Tamaño de muestra = número de individuos/número de grupos/número de muestras. ND = información no disponible. <sup>†</sup> Caut = cautiverio. VL = vida libre. <sup>‡</sup> Estudio de una especie de primate mexicano no realizado en México. <sup>\*\*</sup> Tesis.

En *Alouatta pigra* se han realizado cuatro investigaciones sobre GCs (cortisol) y tres sobre hormonas sexuales (estradiol, progesterona y testosterona). Finalmente, en monos aulladores de



■ Mono aullador negro macho  
Foto: Ariadna Rangel Negrín

manto se han realizado tres estudios en torno a GCs (corticosterona), uno relativo a la hormona tiroidea y uno a hormonas sexuales (testosterona). En las siguientes secciones se describen los principales hallazgos de estos estudios y se discuten sus implicaciones para la conservación de los primates mexicanos.

## Validaciones biológicas y analíticas

Las hormonas pueden ser medidas en diferentes tipos de muestra: suero, heces, orina o saliva. Debido a que no todas las hormonas son excretadas por la misma vía, la selección del tipo de muestra que se debe usar depende de la hormona que se pretenda evaluar y de la factibilidad de colectarlas. Las muestras de suero sanguíneo aportan información más precisa, sin embargo, su colecta en campo no

es práctica ya que, entre otras restricciones, destaca el hecho de que la captura provoca estrés en los individuos (*cf.* Canales-Espinosa *et al.*, pág. 83, en este volumen); además, los niveles hormonales de los individuos capturados e inmovilizados mediante contención química pueden alterarse por efecto de la anestesia, como se ha detectado, por ejemplo, en concentraciones de cortisol en chimpancés. Por eso, se recomienda el uso de métodos de colecta no invasivos que implican la utilización de orina o heces. De hecho, la colecta de muestras fecales puede representar el método no invasivo más eficiente para mediciones hormonales, entre las que se cuentan tanto hormonas esteroides –andrógenos, estrógenos y progestinas–, como hormonas relacionadas con el estrés –corticosterona y cortisol–. En primates silvestres, este método se ha empleado para la determinación de niveles

■  
**Colecta de muestra  
sanguínea**

Foto: Ariadna Rangel  
Negrín



hormonales relacionados con la actividad reproductiva o el estatus social, y para la evaluación del estrés en animales que viven bajo diferentes condiciones ambientales. La investigación hormonal en primates mexicanos refleja la tendencia actual de usar procedimientos de colecta no invasivos, puesto que solamente un 20% de los estudios se ha basado en muestras sanguíneas.

Un reto para la evaluación endocrina no invasiva radica en el hecho de que la ruta de excreción de las hormonas varía considerablemente entre especies; lo mismo ocurre entre diferentes hormonas en una misma especie. Otro desafío es que muchas hormonas son metabolizadas antes de ser eliminadas del organismo, además de que hay diferencias en el metabolismo de las hormonas entre especies. En este contexto, es fundamental desarrollar técnicas para el monitoreo hormonal no invasivo para cada especie, las cuales deben ser validadas. Tradicionalmente, los ensayos hormonales se han validado biológicamente a través de desafíos farmacológicos. Se administra un agente exógeno con efectos conocidos sobre algún componente del sistema de interés (como el eje hipotálamo-hipófisis-adrenales), lo que conduce a un cambio predecible en la actividad de ese sistema. Por ejemplo, en los vertebrados la administración de hormona adrenocorticotropa (ACTH) mimetiza la respuesta adrenal de estrés y provoca un rápido aumento en los niveles circulantes de GCs en la sangre. Por lo tanto, para poder emplear confiablemente un procedimiento para la medición de la respuesta de estrés de una determinada especie, los resultados arrojados por tal recurso deben reflejar un incremento en los metabolitos de GCs en respuesta al desafío de ACTH.



■ **Colecta de muestras fecales**  
Foto: Alejandro Coyohua

Para el caso de especies silvestres, este tipo de validaciones biológicas exige la manipulación de individuos en cautiverio, lo que no siempre es posible debido a ciertas restricciones institucionales, como la normatividad de los zoológicos o la legislación gubernamental. Por otra parte, en el caso de especies protegidas, la captura de sujetos en vida libre para este tipo de procedimientos no se recomienda, ya que el manejo siempre implica riesgos, como reacciones adversas a la anestesia. Como reflejo de las dificultades para realizar validaciones biológicas basadas en desafíos farmacológicos, hasta la fecha ningún estudio realizado con primates mexicanos ha recurrido a ellos. El 60% de los estudios no ha validado biológicamente su ensayo hormonal y el 40% ha validado biológicamente sus ensayos de manera indirecta. En este tipo de validaciones, los investigadores establecen predicciones acerca de la variación natural de determinada

hormona y la ponen a prueba a través de un ensayo. Por ejemplo, para la validación de un ensayo para medir testosterona en monos aulladores negros (Rangel-Negrín *et al.*, 2011 b) se compararon las concentraciones de testosterona entre machos y hembras, partiendo de la predicción de que si el ensayo mide la testosterona testicular, los machos presentarían niveles significativamente más altos de esta hormona que las hembras.

Además de las validaciones biológicas, es necesario validar analíticamente los ensayos hormonales para determinar su exactitud (coherencia entre el valor obtenido a través del ensayo y la concentración verdadera de hormona en una muestra); precisión (consistencia de los resultados de la concentración de la hormona de una misma muestra medida varias veces en uno y varios ensayos);



■ **Procesamiento de extractos para estudios hormonales**  
Foto: Ariadna Rangel Negrín

especificidad (baja expresión de otras hormonas), y sensibilidad para medir la hormona de interés. El 93.3% de los estudios endocrinológicos realizados con primates mexicanos reporta validaciones analíticas, lo que revela un esfuerzo por demostrar que los métodos usados satisfacen los requisitos necesarios para que los ensayos sean válidos. Sin embargo, es notable la variación en las pruebas que reportan los diversos estudios. Hay que destacar que las validaciones analíticas son fundamentales para estandarizar las técnicas de medición hormonal, por lo que es esencial reportar esos resultados.

En cuanto al método de medición hormonal usado en los estudios endocrinológicos con primates mexicanos, el de radioinmunoensayo ha sido privilegiado (53.3% de las investigaciones) sobre el de enzimoimmunoanálisis (33.3%) o el de quimioluminiscencia (13.3%). Esta tendencia es sorprendente, ya que el radioinmunoensayo exige equipo, material, laboratorio y personal certificado para el manejo de radioactividad; es el método más demandante de tiempo y dinero; genera desperdicios radioactivos difíciles de manejar e implica riesgos de salud para el personal técnico. Además, en el caso de los monos aulladores negros, una tesis reciente plantea que para la medición de algunas hormonas con kits comerciales, la quimioluminiscencia puede ser un método más adecuado que el radioinmunoensayo (Flores-Escobar, 2010).

### Estrés

Los GCs son hormonas esteroideas (*i.e.*, sintetizadas a partir del colesterol) y son uno de los dos tipos de corticoides secretados por la corteza adrenal (el

otro son los mineralocorticoides). Los GCs están involucrados en el metabolismo de carbohidratos y normalmente son liberados en respuesta a un estímulo estresante.

Existen dos tipos principales de GCs, el cortisol y la corticosterona. Normalmente sólo uno de ellos es abundante en un animal; por ejemplo, las aves y los roedores producen sobre todo corticosterona, mientras que en los primates el cortisol es más abundante. La liberación de GCs está regulada por el hipotálamo, el cual, en respuesta a un estímulo estresante o a un nivel bajo de GCs, secreta la hormona liberadora de corticotropina (CRH). Ésta actúa sobre la hipófisis, la que, a su vez, secreta ACTH, hormona que es transportada por la sangre hasta la corteza suprarrenal, en la que se desencadena la secreción de GCs. La acción de éstos sobre el hígado promueve la glucogénesis, aumentando los niveles de azúcar en la sangre, e incidiendo en la capacidad de respuesta de los individuos en situaciones de emergencia.

Entonces, la liberación de GCs es adaptativa y favorece el mantenimiento de la **homeostasis**. Por ejemplo, si un individuo es atacado por un depredador, sus niveles de GCs se elevan, y aumenta así la disponibilidad de energía que puede requerir para correr más rápido. En cuanto desaparece el estímulo estresante, los niveles de GCs disminuirán hasta alcanzar graduaciones basales. Este tipo de respuesta de estrés, al que se llama normalmente estrés agudo, es recurrente en la vida de los individuos. Pero si un individuo vive en un ambiente en el que se enfrenta a varios estímulos estresantes de manera sucesiva, su respuesta de estrés cambia: sus niveles de GCs no disminuyen hasta alcanzar los basales y cada vez la respuesta a los estímulos se



■ **Mono aullador que muestra signos de resfriado**  
Foto: Ariadna Rangel Negrín

va haciendo menor, hasta que llega un momento en el que, aunque no se presenten nuevos factores que induzcan el estrés, los niveles de GCs no disminuyen. Si la fuente de estrés se mantiene constante, los niveles de GCs permanecen por arriba de los niveles basales, lo que puede dañar la salud. A esto se le llama estrés crónico, y se asocia al agotamiento del eje hipotálamo-hipófisis-adrenales, como resultado de una gran y continua acumulación de estímulos estresantes. Se ha demostrado que el mantenimiento de altos niveles de GCs por periodos largos de tiempo tiene consecuencias negativas, incluyendo la supresión de los sistemas reproductivo e inmune.

Los GCs, al aportar una medida confiable y cuantificable de estrés fisiológico, pueden usarse para estudiar los efectos de estresores ambientales y sociales sobre los individuos. Esto, en conjunto con el uso de métodos no invasivos de monitoreo

hormonal, ha permitido en la actualidad evaluar el impacto de estresores relacionados con la perturbación ambiental sobre los primates. Los primates que viven en ambientes perturbados se enfrentan a diversos estímulos estresantes para los cuales no están preparados. En ambientes perturbados los estresores pueden ser, además de novedosos, más frecuentes e impredecibles para estos mamíferos, lo que puede conducirlos a estrés crónico. Éste es el caso de la cacería, de la disminución de la cantidad de hábitat (con la correspondiente disminución de recursos alimenticios) o de la cercanía a humanos, entre otros.



■ **Monos aulladores negros aislados en un árbol**  
Foto: Ariadna Rangel Negrín

En este sentido, las investigaciones endocrinológicas en primates mexicanos han demostrado que individuos de las tres especies que viven en hábitats más pequeños y perturbados presentan niveles de GCs más altos, es decir, están más estresados que los que viven en hábitats más grandes y conservados (Martínez-Mota *et al.*, 2007; Rangel-Negrín, 2010; Rangel-Negrín *et al.*, 2009; Dunn *et al.*, 2011). Asimismo, la translocación (*cf.* Canales-Espinosa *et al.*, pág. 83, en este volumen) de monos aulladores negros y de manto de hábitats altamente perturbados a hábitats conservados disminuye el estrés fisiológico de los individuos.

Es importante destacar el hallazgo de que el mantenimiento de los individuos en cautiverio durante las translocaciones incrementa considerablemente sus niveles de estrés. Los programas de translocación incluyen una etapa de cautiverio para cuarentena sanitaria y monitoreo veterinario

■  
Mono araña cautivo  
Foto: Norberto Asensio



de los individuos; en México esta fase debe durar 90 días (*Diario Oficial de la Federación*, 1999). Esto tiene implicaciones importantes para los procedimientos de manejo de primates en cautiverio durante las translocaciones. En particular, las medidas preventivas que es necesario considerar, incluyen la disminución del contacto visual y olfativo de los primates con los humanos y el mantenimiento de los individuos en sus grupos sociales originales (Aguilar-Cucurachi *et al.*, 2010). Algunas investigaciones han relacionado, incluso, incrementos en los niveles de estrés de monos aulladores negros en vida libre y de monos araña en zoológicos con la presencia de más turistas y visitantes, respectivamente. Asimismo, existen evidencias de que en este periodo de cautiverio, durante la translocación, algunos individuos disminuyen la ingesta de alimento, lo que se refleja en una disminución en sus niveles de hormona tiroidea (Wasser *et al.*, 2010), por lo que es recomendable monitorear el comportamiento alimenticio de los individuos durante esta etapa, para prevenir posibles desbalances nutricionales en los primates translocados.

Al modificar la distribución y abundancia de individuos en los paisajes naturales, la perturbación ambiental puede afectar los patrones de competencia intraespecífica. Por ejemplo, los machos de monos aulladores de manto, que viven en fragmentos de selva con más grupos y que están más cercanos a otros fragmentos de selva con primates, presentan más cicatrices asociadas a conductas agonísticas. Esto sugiere que la competencia por la membresía grupal varía entre fragmentos de selva e impacta fisiológicamente a los primates. Así, los niveles de estrés son más altos en las hembras *A. palliatus* que viven en grupos que tienen más probabilidad



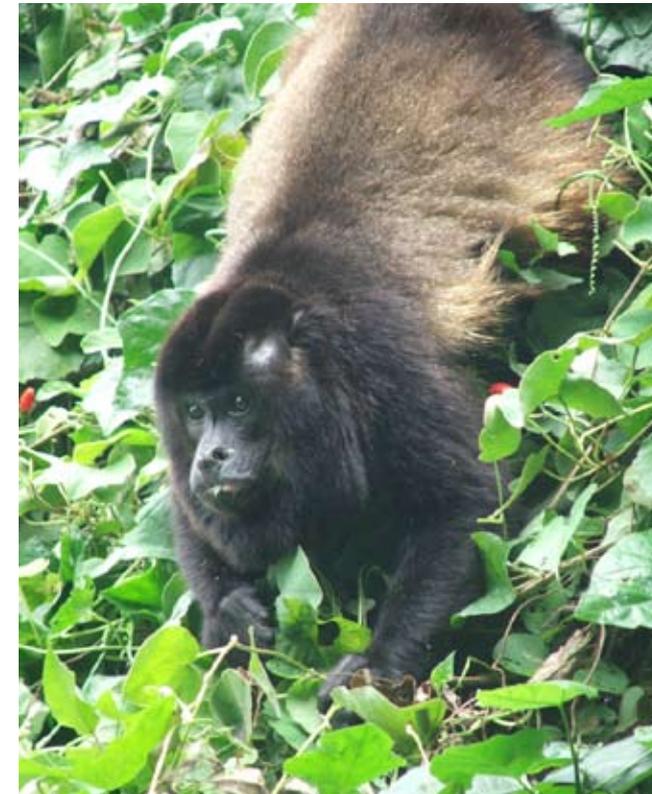
■ **Mono aullador de manto cautivo**  
Foto: Ariadna Rangel Negrín

de ser invadidos por machos emigrantes (Cristóbal-Azkarate *et al.*, 2007); y en los machos centrales<sup>4</sup> de grupos de monos aulladores negros que son frecuentemente invadidos por machos emigrantes (Van Belle *et al.*, 2009 b). Asimismo, en respuesta a los desafíos extragrupal, los monos aulladores machos presentan incrementos en sus niveles de testosterona en contextos no reproductivos (Cristóbal-Azkarate *et al.*, 2006; Rangel-Negrín *et al.*, 2011 b).

Los estudios sobre estrés en primates mexicanos han demostrado que los monos aulladores

4 El concepto tradicional de dominancia social entre machos asume que los individuos dominantes vencen más frecuentemente las interacciones agonísticas que establecen con otros machos. Ese éxito agonístico se relacionará positivamente con el éxito copulatorio de los machos. En el caso de los monos aulladores, las interacciones agonísticas son infrecuentes, por lo que es difícil reconocer una jerarquía social de dominancia basada en este tipo de comportamientos. Así, se ha propuesto el concepto alternativo de centralidad para los machos que mantienen mayor proximidad a las hembras y que tienen prioridad de acceso a éstas durante sus periodos de receptividad sexual (Van Belle *et al.*, 2008, 2009 b), independientemente de su éxito en interacciones agonísticas.

hembras presentan niveles de GCs más altos que los machos (Aguilar-Cucurachi *et al.*, 2010; Rangel-Negrín, 2010; Dunn *et al.*, 2011). Recientemente, se ha sugerido que esta diferencia podría deberse al incremento en el gasto energético de las hembras durante la etapa reproductiva, ya que hembras gestantes y lactantes tienen niveles de GCs más altos que las hembras no reproductivas (Dunn *et al.*, 2011). Asimismo, el estrés varía estacionalmente, siendo más alto en los periodos de menor disponibilidad de alimento (Rangel-Negrín *et al.*, 2009; Rangel-Negrín, 2010). Para el caso de los monos aulladores negros, este resultado quizá se debe a variaciones en la disponibilidad de frutos, ya que en un estudio realizado en Belice se observó que el estrés fisiológico se



■ **Macho *A. palliata* con cicatriz**  
Foto: Ariadna Rangel Negrín

incrementa cuando hay menos fruta (Behie *et al.*, 2010). Asimismo, la variación estacional en los niveles de estrés se relaciona con el tipo de hábitat en el que viven los individuos. En el caso de los monos araña, las diferencias estacionales en los niveles de GCs solamente son marcadas en individuos que habitan en ambientes conservados, lo que sugiere que en ambientes perturbados, donde los niveles de GCs son significativamente más altos, los individuos se enfrentan a otros estresores que representan un desafío más importante para su **homeostasis** que la estacionalidad (Rangel-Negrín *et al.* 2009). En cambio, en los monos aulladores negros existen diferencias significativas entre estaciones del año en los niveles de estrés de individuos que viven tanto en áreas naturales protegidas como en fragmentos de selva (Rangel-Negrín, 2010). Finalmente, se ha propuesto que un mecanismo conductual próximo que explica

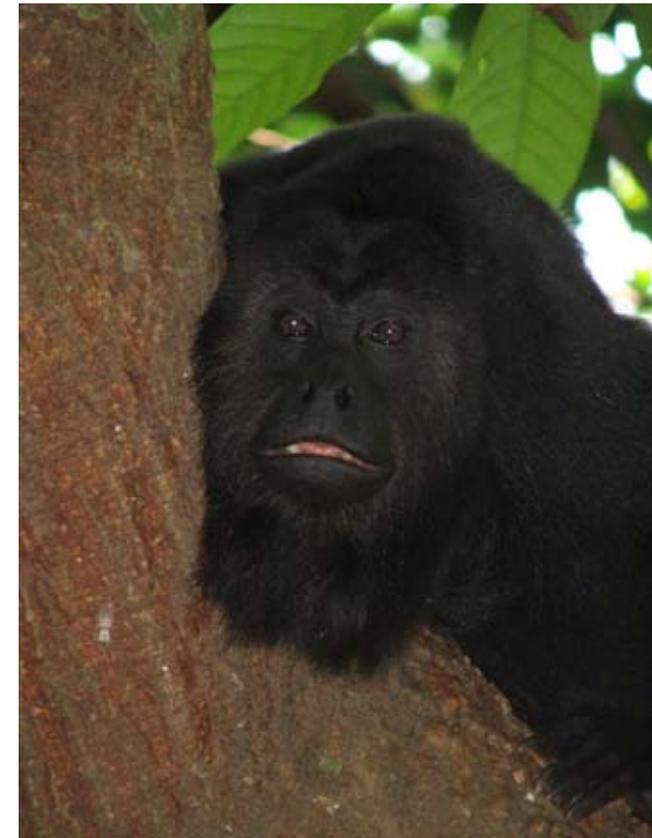
■  
Floración en los Tuxtlas  
Foto: Pedro Días



la relación entre disponibilidad de fruta y niveles de estrés, puede ser el esfuerzo de forrajeo de los individuos (Dunn *et al.*, 2011). Así, en los monos aulladores de manto, el consumo de fruta se relaciona negativamente con el esfuerzo de forrajeo y, sobre todo en hembras, el estrés aumenta cuando los individuos invierten más tiempo en locomoción y recorren distancias más largas.

### Hormonas sexuales

Se han realizado seis estudios sobre hormonas sexuales en primates mexicanos. Además de los hallazgos sobre la modulación social de los niveles



■  
Mono aullador  
negro macho  
Foto: Ariadna Rangel  
Negrín

de testosterona de los machos –comentados anteriormente–, estos estudios han caracterizado los ciclos reproductivos de las hembras (*Ateles geoffroyi*: Hernández-López *et al.*, 1998; *Alouatta pigra*: Van Belle *et al.*, 2009 a); han evaluado la estacionalidad en la secreción de testosterona y hormona luteinizante y su relación con la calidad espermática en monos araña machos (Cerdeña-Molina *et al.*, 2009), así como la estacionalidad en el estradiol y la progesterona en monos araña hembras (Cerdeña-Molina *et al.*, 2006). Curiosamente, los resultados de estos estudios con monos araña sugieren que aunque en ambos sexos la reproducción es potencialmente estacional, la calidad espermática en los machos es más alta durante la estación seca, mientras que las hembras presentan más ciclos ovulatorios en estación de lluvias.

### **Implicaciones para la conservación de los primates mexicanos**

Aunque los estudios publicados sobre aspectos endocrinológicos de los primates mexicanos han crecido notablemente en los últimos años (el 50% de todas las publicaciones son del 2009 al presente), la información que éstos presentan es limitada. Además de que el número de publicaciones es bajo, éstas se basan en pequeños tamaños de muestra, ya que la mayoría de las investigaciones se refiere a pocos individuos (*i.e.*,  $\leq 10$  individuos; 61.1%) y pocos grupos (*i.e.*,  $\leq 10$  grupos; 100%). Esto es particularmente importante en el caso de los estudios que han intentado relacionar las hormonas de los primates con aspectos grupales, como el tipo de hábitat en que viven los grupos.

A pesar de estas limitaciones, ningún trabajo ha calculado la potencia estadística de sus hallazgos. Por otro lado, hay una gran variación en los tipos de muestras, ensayos y métodos de determinación hormonal que se han usado. Por ejemplo, se han medido los niveles de cortisol de *Ateles geoffroyi* en dos estudios: uno utilizó heces y el otro orina; uno determinó las concentraciones hormonales por medio de radioinmunoensayo y el otro lo hizo por enzimoimmunoanálisis. Esta disparidad imposibilita las comparaciones entre estudios y sugiere que la **endocrinología** de los primates mexicanos aún se encuentra en una etapa de prospección.

Cabe destacar que la mayoría de los estudios (68.8%) se ha basado en un considerable número de muestras por primate (*i.e.*, al menos 10 muestras por individuo), lo que representa un destacable esfuerzo para obtener información representativa de la variación hormonal intraindividual. Asimismo, hay que tener en cuenta que las especies amenazadas incluyen a menos individuos, y que tal estatus de amenaza siempre impondrá restricciones legales, logísticas y éticas a la investigación.

En la actualidad, las aportaciones de los estudios endocrinológicos para la conservación de los primates mexicanos son de diferente naturaleza. Por un lado, en este momento contamos con las técnicas de diagnóstico necesarias para conocer los ciclos reproductivos de las hembras, así como la ocurrencia de ovulación y gestación. Esta información es esencial para establecer cualquier programa de manejo que incluya entre sus objetivos, la reproducción de los individuos. Por otro lado, las investigaciones endocrinológicas realizadas con individuos que viven en ambientes contrastantes (fragmentos de selva *vs.* hábitat

conservado) aportan diversos, interesantes y útiles resultados para el manejo y conservación de los primates. Bajo el supuesto de que el mantenimiento de niveles altos de estrés por periodos de tiempo prolongados, al disminuir la supervivencia y reproducción de los individuos, repercute negativamente sobre la viabilidad de las poblaciones silvestres, se puede especular que las poblaciones de primates que vivan bajo las siguientes circunstancias presenten bajas expectativas de persistencia en el largo plazo: poblaciones de las tres especies que residan en hábitats pequeños con fluctuaciones estacionales marcadas en la disponibilidad de alimento y/o que estén en contacto con humanos; y en el caso de los monos aulladores, poblaciones en las que la competencia reproductiva intrasexual dentro y entre grupos sea alta, como en fragmentos de selva con alta densidad poblacional y de grupos.

■  
Caoba  
Foto: Pedro Dias



■  
Monos aulladores  
negros en hábitat  
perturbado  
Foto: Ariadna Rangel  
Negrín

Estas tendencias tendrán necesariamente que ser puestas a prueba en el futuro, pero cabe destacar que la evidencia endocrinológica coincide con investigaciones demográficas, conductuales y ecológicas (e.g., Arroyo-Rodríguez y Dias, 2010). Así, en conjunto, actualmente los estudios endocrinológicos realizados con primates mexicanos refuerzan la noción de que el futuro de varias poblaciones de estos organismos es incierto.

## LA GENÉTICA Y LA CONSERVACIÓN DE MONOS AULLADORES MEXICANOS

Liliana Cortés-Ortiz

La genética es una disciplina científica que estudia la herencia y la variación en los caracteres heredados. Estos caracteres son transmitidos de generación en generación a través de genes codificados en moléculas de **ácido desoxirribonucleico (ADN)**. El estudio de estas moléculas se debe a la necesidad de entender cómo se forma la variación fenotípica presente en un individuo; cuál es la función de genes particulares, y cómo éstos son transferidos a las generaciones posteriores.

La aplicación de la genética en problemas asociados a la conservación de especies en peligro es relativamente reciente y ha dado lugar a una nueva disciplina llamada genética de la conservación. En esta disciplina se utilizan elementos de la teoría y las técnicas genéticas para apoyar acciones que reduzcan el riesgo de extinción de especies amenazadas. La meta a largo plazo es preservar a las especies como entidades dinámicas, capaces de enfrentar el cambio ambiental. Esto es, esta disciplina no sólo se interesa en mantener un número determinado de individuos, sino también un **acervo genético** variable. Si una población tiene individuos que son homogéneos genéticamente, cualquier cambio mayor en el ambiente (por ejemplo, una enfermedad nueva, cambios en el clima, etc.) puede llevar a la desaparición total de la población. Sin embargo, si hay individuos genéticamente distintos es posible que al menos algunos de estos individuos sean capaces de sobrevivir a esos cambios y perpetuar así a la población o a la especie.

Pero ¿cómo ayuda la investigación genética a la conservación de especies? Los estudios genéticos son indispensables para evaluar la situación de las especies e identificar adecuadamente las unidades de manejo que se requieren. Por ejemplo, ciertos análisis genéticos pueden ayudar a resolver incertidumbres taxonómicas; o sea, pueden decirnos si un grupo de organismos que se encuentra en un área determinada pertenece a la misma especie que otros que habitan un área distinta (esto es, una especie con distribución amplia y quizás con un número suficiente de individuos); o bien, representan un **taxón** distinto que sólo se encuentra en esa área (por ejemplo, una especie endémica, con un número restringido de individuos). Además, puede decirnos si la especie en cuestión es una de las muchas especies presentes en un género, o si es el único representante de ese género o familia y, por tanto, si se pierde se acabará con todo un linaje biológico.

■  
**Mono aullador negro  
hembra con su cría**  
Foto: Ariadna Rangel  
Negrín

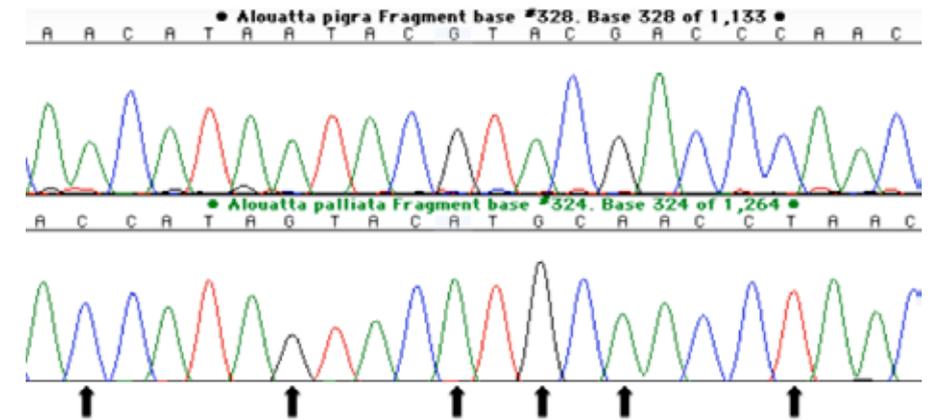


El análisis de genética de poblaciones también puede ayudar en la identificación de unidades de manejo. Por ejemplo, si se tiene una especie que está fragmentada en múltiples poblaciones aisladas, el estudio genético de esas subpoblaciones permitirá identificar cómo está distribuida la **diversidad genética** en estas subpoblaciones y cuáles de ellas contienen toda la **diversidad genética** de la especie. Con esta información, sabremos la importancia de considerarlos dentro de los programas de conservación o manejo.

De manera directa, los estudios genéticos también pueden apoyar en el manejo de poblaciones pequeñas para maximizar la **diversidad genética** y minimizar la **endogamia**, es decir, la fecundación entre individuos de la misma especie. Ya se ha mencionado la relevancia de mantener un alto grado de **diversidad genética** en una especie, pero también es prioritario evitar el cruce entre animales que están cercanamente emparentados, ya que se ha comprobado que la **endogamia** usualmente conlleva a la expresión de genes deletéreos y a una disminución en la reproducción y la sobrevivencia de las especies.

Las investigaciones genéticas también pueden apoyar directamente a las acciones conservacionistas a través de las determinaciones forenses. Por ejemplo, cuando se hace un decomiso se puede determinar la identidad y procedencia de los organismos decomisados mediante análisis genéticos. Por lo tanto, los análisis genéticos pueden ser la base de ciertas acciones legales.

Asimismo, a partir de los datos genéticos es posible explicar algunos aspectos de la biología de las especies. Por ejemplo, la identificación del sistema de apareamiento real en un **taxón**; la determinación



de si existe un sesgo en el éxito reproductivo entre distintos individuos, o la explicación del efecto que tienen las relaciones de parentesco en las interacciones sociales dentro de un grupo. En este capítulo se revisan brevemente los estudios genéticos publicados que incluyen a las especies de primates mexicanos y se discuten las aportaciones de éstos a la conservación de estas especies.

■ Secuencia de un fragmento del d-loop de *A. pigra* y *A. palliata*  
Autor: Lilita Cortés Ortiz

### Monos mexicanos y su estado de conservación

Las mayores amenazas que enfrentan los primates mexicanos son la pérdida, modificación y fragmentación de las selvas donde habitan, así como el tráfico para su venta como mascotas, tanto en México como en el extranjero. Esta última actividad afecta a todas las especies, pero en particular a los monos araña, y se ha estimado que por cada individuo que logra sobrevivir a la cadena comercial (captura, transporte y venta) al menos 10 individuos mueren (Rodríguez Luna *et al.*, 1996). El carisma natural de los primates y el desconocimiento de la



■ Mono araña mascota  
Foto: Pedro Dias

legislación que los protege hace que todavía exista una demanda importante de estos animales, lo que se traduce en un impacto negativo en la conservación a largo plazo de las especies de primates mexicanos.

### ¿Qué han aportado los estudios de genética a la conservación de los primates mexicanos?

Los estudios genéticos de primates mexicanos son escasos. Esto se debe a varios factores: 1) El relativamente reciente desarrollo y uso extendido de técnicas moleculares que permiten el análisis de secuencias de **ADN**. 2) El alto costo que tiene el uso de estas técnicas. 3) La dificultad de obtener muestras biológicas de especies silvestres y particularmente de primates arborícolas. 4) El posible impacto que la obtención de muestras biológicas puede traer a las poblaciones de especies en peligro. 5) El número limitado de personal capacitado en México para realizar este tipo de análisis, entre otros. No obstante, el estudio genético de poblaciones de

estos primates resulta necesario para entender los niveles de **diversidad genética** y **flujo génico** (cualquier desplazamiento de genes desde una población hasta otra) presentes en las poblaciones actuales, las cuales enfrentan serios retos ambientales y en muchos casos requieren de acción conservacionista para su sobrevivencia a largo plazo.

### Estudios genéticos en monos araña y su aplicación a la conservación en México

Actualmente, sólo se cuenta con un número muy reducido de trabajos genéticos que incluyen representantes de monos araña mexicanos (Collins y Dubach, 2000 a, 2000 b; Cortés-Ortiz *et al.*, 2003; Nieves *et al.*, 2005). Estos estudios se han enfocado particularmente en entender las relaciones filogenéticas entre individuos de las distintas especies y poblaciones, e indican que los monos araña que



■ Colecta de muestras para análisis genéticos  
Foto: Ma. Socorro Aguilar

habitan en México son parte de una especie ampliamente distribuida en Centroamérica que presenta un alto grado de variación fenotípica, pero que no presenta diferencias genéticas que justifiquen una distinción a nivel de especie. Estos resultados son un punto de partida importante, puesto que definen el nivel taxonómico en el cual se deben evaluar los monos araña mexicanos; sin embargo, se requieren estudios genéticos puntuales para determinar el grado de variación genética presente en las fragmentadas poblaciones de monos araña en México, para poder diseñar estrategias de manejo que permitan la sobrevivencia a largo plazo de esta especie en el país.

### Estudios genéticos en monos aulladores y su aplicación a la conservación en México

Los monos aulladores mexicanos han sido objeto de un mayor número de estudios genéticos, que incluyen aspectos de taxonomía, **filogeografía**, hibridación y genética de poblaciones (Cortés-Ortiz



■ *Ateles geoffroyi vellerosus*

Foto: Ariadna Rangel Negrín

*et al.*, 2003, 2007, 2010; Solari y Rahn, 2005; Ellsworth y Hoelzer, 2006; Ruiz-García *et al.*, 2007; Steinberg *et al.*, 2008; Améndola-Pimenta *et al.*, 2008).

### Taxonomía molecular

De acuerdo con Lawrence (1933) todos los monos aulladores en Mesoamérica se consideraban parte de una sola especie (*A. palliata*), con siete subespecies reconocidas. Sin embargo, a principios de los años setenta, una revisión basada en aspectos morfológicos sugirió que *A. pigra* debía considerarse como una especie distinta y no como una subespecie de *A. palliata*. En 2003, Cortés-Ortiz y sus colaboradores publicaron el primer estudio filogenético que incluyó muestras de monos aulladores mexicanos, tanto de *A. palliata* como *A. pigra*. Para ello se realizó un muestreo de todas las especies posibles dentro del género *Alouatta* y se obtuvieron secuencias del **ADN mitocondrial**, particularmente del gen citocromo *b*, para detectar diferencias a nivel de especies. Los análisis de las secuencias del **ADN mitocondrial** confirmaron que los dos tipos de monos aulladores que habitan en México representan dos especies distintas que han divergido desde hace aproximadamente tres millones de años. Estas especies tienen rangos de distribución muy distintos y prácticamente no se traslapan, excepto en algunos sitios en México y quizás al sur de Guatemala.

Además de los estudios moleculares, los trabajos de **citogenética** muestran diferencias sustanciales a nivel cromosómico: *A. pigra* presenta un número cromosómico  $(2N) = 58$  y un **sistema**

■ Mono aullador con características fenotípicas atípicas  
Foto: Liliana Cortés Ortiz



**de determinación** sexual múltiple en machos de tipo cuadrivalente ( $X_1X_2Y_1Y_2$ ), mientras que *A. palliata* tiene un número cromosómico  $(2N) = 53$  y un **sistema de determinación sexual** múltiple en machos de tipo trivalente ( $X_1X_2Y$ ).

Los hallazgos moleculares y citogenéticos confirman el estatus taxonómico de los monos aulladores en México, lo cual constituye una base fundamental para diseñar y establecer acciones conservacionistas en pro de estas especies.

### Genética de poblaciones

Análisis genéticos de poblaciones de primates mexicanos muestran distintos niveles de **diversidad genética** de acuerdo a distintos marcadores utilizados. A través del análisis de secuencias de



■ Mono aullador de manto  
Foto: Ariadna Rangel Negrín

la región control del **ADN mitocondrial** (la cual es más variable que las secuencias de citocromo *b* usadas para estudios taxonómicos), se puede observar que en general existen niveles similares de variación en las poblaciones de *A. palliata* y *A. pigra* en México; sin embargo, cuando se comparan con los niveles de variación mitocondrial presentes en poblaciones de *A. palliata* de Costa Rica y Panamá, se observa que las poblaciones mexicanas tienen niveles de **diversidad genética** significativamente más bajos. No obstante, las secuencias de **ADN mitocondrial** sólo reflejan la variación que existe en el linaje materno y, por tanto, no representan la variación genética total de la población.

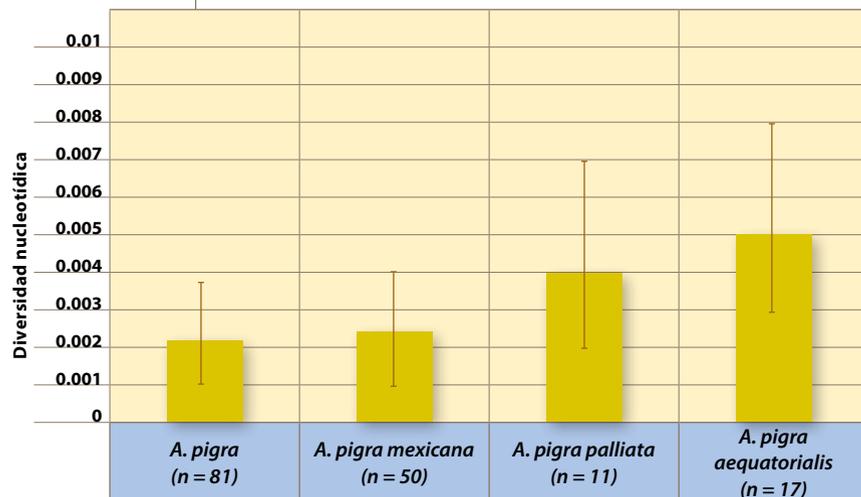
Además, los análisis de marcadores moleculares nucleares más variables (llamados **microsatélites**) sugieren que los individuos de la especie *A. pigra* tienen niveles de variación genética mucho

■ Mono aullador de la zona de simpatria de Tabasco

Foto: Liliana Cortés Ortiz



mayores que los niveles encontrados en las poblaciones mexicanas de *A. palliata*, pero similares a los encontrados en poblaciones sureñas de esa especie. Estos resultados sugieren que *A. palliata* en México enfrenta un mayor riesgo que *A. pigra*.



■ Diversidad genética en distintas poblaciones de monos aulladores en México y Centroamérica

Cuadro 10

Variación genética en distintas poblaciones de monos aulladores en México y Centroamérica

	N°	% loci polimórficos	Diversidad alélica	H <sub>o</sub>	Fuente
<b><i>Alouatta palliata</i></b>					
<i>A. p. aequatorialis</i>					
Panamá	20	100	4.56	0.53	Cortés-Ortiz, DO
Isla Barro Colorado, Panamá	20	-	4.90	0.51	Ellsworth y Hoelzer, 2006
Isla Barro Colorado, Panamá	50	85	4.90	0.47	Milton <i>et al.</i> , 2009
<i>A. p. palliata</i>					
Costa Rica	10	89	2.55	0.38	Cortés-Ortiz, DO
Costa Rica	89	-	4.40	0.33	Ellsworth y Hoelzer, 2006
Nicaragua	29	-	-	0.16	Winkler <i>et al.</i> , 2004
<i>A. p. mexicana</i>					
Veracruz	35	45	2.11	0.08	Cortés-Ortiz, DO
Veracruz	8	-	1.6	0.14	Ellsworth y Hoelzer, 2006
Tabasco	16	56	2.11	0.13	Cortés-Ortiz, DO
<b><i>A. pigra</i></b>					
Belice	28	-	3.80	0.45	Ellsworth y Hoelzer, 2006
Belice	10	-	-	0.43	Winkler <i>et al.</i> , 2004
Campeche, Mex.	63	100	4.00	0.47	Cortés-Ortiz, DO
Tabasco, Mex.	15	89	3.33	0.50	Cortés-Ortiz, DO
Quintana Roo, Mex.	12	89	2.89	0.52	Cortés-Ortiz, DO

\* N = Número total de individuos analizados. H<sub>o</sub> = Heterocigosidad observada. DO = datos originales no publicados.

Por otro lado, estimaciones del índice de Fijación o F<sub>ST</sub> de Wright para las secuencias del **ADN mitocondrial** y del estimador R<sub>ST</sub> para **microsatélites**, ambos utilizados para identificar diferenciación genética poblacional, muestran que las poblaciones de *A. palliata* de México, Costa Rica y Panamá son genéticamente distintas, pues entre éstas no existen niveles importantes de **flujo génico**.

## Estudios de filogeografía

Conocer la **historia evolutiva** de las especies resulta de suma trascendencia para entender su origen y los posibles factores que han contribuido en la delimitación de su distribución actual. Las dos especies de monos aulladores que habitan en México tienen distribuciones que abarcan más allá de los límites políticos del país; sin embargo, mientras que *A. pigra* tiene una distribución que abarca la península de Yucatán en México, Belice y el este de Guatemala, *A. palliata* se extiende desde Veracruz en México, a lo largo de Centroamérica y la costa Pacífica de Sudamérica, llegando hasta el norte del Perú. Estas distribuciones parecen ser una consecuencia del aislamiento de una población ancestral en la costa pacífica del norte de Sudamérica, como consecuencia del levantamiento final de los Andes, y de distintas ondas de colonización de Centroamérica por monos aulladores.

Como se comentó en la sección anterior, los estudios genéticos de poblaciones de *A. palliata* a lo largo de Centroamérica muestran diferencias genéticas importantes entre las distintas poblaciones a lo largo del rango de distribución de la especie (ver Cuadro 10). En particular, los niveles de variación genética en *A. palliata* disminuyen gradualmente de sur a norte, los niveles más altos se encuentran en Panamá y en México se localizan niveles extremadamente bajos. Esta reducción en los niveles de variación genética se presenta en especies que están en expansión o que se han expandido recientemente. Sin embargo, para el caso particular de las poblaciones de *A. palliata* en México, no parece ser viable la posibilidad de recuperar niveles adecuados de variación genética a través del **flujo**

**génico** entre las poblaciones, debido a que actualmente existe una discontinuidad en la distribución de las poblaciones de esta especie entre México y el resto de las poblaciones en Centroamérica. Esta baja variación genética, aunada a la alta tasa de desaparición y fragmentación de las selvas mexicanas y a la falta de áreas naturales protegidas dentro del rango de distribución de *A. palliata* en México, pone en alto riesgo a las poblaciones de esta especie en el país.

Para el caso de *A. pigra*, el grado de variación genética encontrada en las poblaciones mexicanas es mucho mayor que el de *A. palliata* y equivalente a los niveles reportados en otras poblaciones en Belice. Sin embargo, los niveles de variación



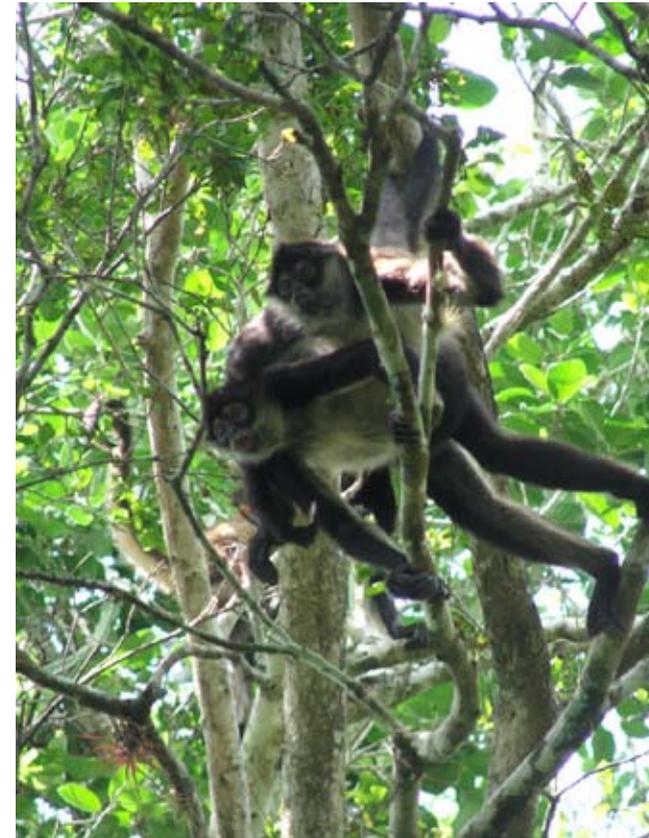
■  
**Mono aullador**  
Foto: Liliana Cortés Ortiz

genética en las distintas localidades no son homogéneos y aparentemente están afectados por los niveles de aislamiento poblacional como resultado de la fragmentación de las selvas. Dado el alto grado de fragmentación de las selvas mexicanas, en este momento es necesario tomar las siguientes acciones: *a)* Estudiar el efecto de la fragmentación sobre la variación genética de las poblaciones de ambas especies de monos aulladores. *b)* Diseñar estrategias de manejo que permitan mantener niveles de variación genética adecuados y el intercambio genético entre las distintas poblaciones.

### ¿Qué otros estudios genéticos son necesarios para apoyar las acciones conservacionistas en pro de los primates mexicanos?

En general, se requiere de estudios que evalúen los niveles de variación genética presentes en distintas poblaciones a lo largo del rango de distribución de las tres especies de primates en México, para detectar áreas y poblaciones prioritarias que permitan mantener la mayor **diversidad genética** posible para cada especie. Asimismo, es necesario identificar a las poblaciones aisladas que mantengan niveles muy bajos de variación genética, pero que sean importantes para aumentar el *pool* genético de la especie, y establecer proyectos de conexión o manejo que permitan el enriquecimiento genético de estas poblaciones aisladas.

Otro punto que hay que considerar, es la aplicación de técnicas y análisis genéticos para entender aspectos sobre la biología de las especies que son determinantes para el manejo apropiado



■ Monos araña probablemente emparentados  
Foto: Ariadna Rangel Negrín

de poblaciones tanto en cautiverio como en vida silvestre; por ejemplo, la determinación de las relaciones de parentesco entre los miembros de un grupo social que permita entender patrones conductuales, tales como interacciones agresivas, sexuales o afiliativas entre los miembros del grupo o entre miembros de grupos distintos.

En particular, para los monos araña se requiere de estudios que determinen si existen diferencias genéticas que diferencien a las poblaciones que habitan la península de Yucatán (considerada como parte de la subespecie *A. g. yucatanensis*), de aquellas presentes en el resto de la distribución de este primate en México (consideradas *A. g. vellerosus*), para determinar si los individuos de estas poblaciones

pertenecen a subespecies distintas o si forman parte de un solo linaje evolutivo. Esta determinación es fundamental para la planeación del manejo de poblaciones de estos primates tanto silvestres, como cautivas. Además, es imprescindible que se realicen estudios filogeográficos que incluyan a las poblaciones de *A. geoffroyi* a lo largo de su distribución en Mesoamérica, para poder tener un marco comparativo que permita valorar los niveles actuales de variación genética en las poblaciones de este primate en México.

Por último, los análisis de **diversidad genética** de las distintas poblaciones de primates en México, aunados a análisis genéticos de individuos decomisados o de aquellos individuos donados a zoológicos por particulares, pueden ser de gran utilidad para detectar áreas particulares de captura de animales sujetos al tráfico para venta como mascotas, y así establecer programas especiales para reforzar la vigilancia.

En conclusión, los estudios genéticos de las poblaciones de primates mexicanos pueden brindar elementos determinantes para el diseño y establecimiento de acciones conservacionistas efectivas. Sin embargo, es imperativo frenar la acelerada destrucción de las selvas para asegurar la presencia a largo plazo de las poblaciones de primates en México.

# GLOSARIO

**Acervo genético (=Pool genético).** La suma total de la variación genética en una población o especie. Esto es, el total de la información genética contenida en cada uno de los individuos de una población o especie.

**Ácido desoxirribonucleico (ADN).** Es un componente químico dentro del núcleo y las mitocondrias de las células, que es portador de las instrucciones genéticas necesarias para crear a los organismos vivientes.

**ADN mitocondrial.** Es un fragmento circular de ácido desoxirribonucleico encontrado dentro de las mitocondrias (encargadas de proporcionar energía en la célula). Sólo las mitocondrias del óvulo pasan al cigoto (el espermatozoide sólo aporta ADN del núcleo), por lo que sólo el ADN mitocondrial de la madre se hereda a la descendencia.

**Alelo.** Cada gen se encuentra en un sitio en particular de un cromosoma (llamado locus) y, en general, cada individuo tiene dos copias de cada gen. Estas copias pueden ser exactamente iguales o ser distintas en varios grados. Cada una de las copias de un gen se llama alelo. Un individuo sólo puede tener dos alelos para el mismo locus, pero en una población pueden existir múltiples alelos por locus.

**Antropozoonótico (enfermedad).**

Enfermedades que se pueden transmitir de los humanos a otros animales.

**Apropiación de la naturaleza.** Proceso por medio del cual los miembros de toda sociedad utilizan y transforman los ecosistemas para satisfacer sus necesidades y deseos.

**Área basal del árbol.** Área en metros cuadrados del corte transversal de un árbol a la altura del pecho, es decir, a 1.30 m del suelo. Se obtiene a partir de la fórmula del área del círculo.

**Cerca viva.** línea de árboles y/o de arbustos sembrada como soporte para alambre liso o de púas, siguiendo los límites de una propiedad o marcando las divisiones entre parcelas, según los diferentes usos del suelo.

**Citogenética.** Es la ciencia que estudia la estructura, función y comportamiento de los cromosomas.

**Densidad de árboles.** Número de árboles por unidad de área.

**Diversidad genética (=variación genética).** Variedad presente en los diferentes genes en una especie o población.

**Dominancia de especies.** En términos de diversidad de especies, la dominancia se refiere a la abundancia relativa de cada especie, esto es, una especie más dominante es aquella que tiene más individuos en la comunidad.

**Endocrinología.** Estudio de la función normal, la anatomía y los desórdenes producidos por alteraciones en el sistema de glándulas que segregan hormonas.

**Endogamia.** Pérdida de variación genética causada por la cruce entre individuos que están cercanamente emparentados.

**Enfermedades emergentes.** Enfermedades cuya incidencia ha incrementado en las últimas dos décadas, o que amenazan con incrementarse en un futuro.

**Etapas sucesionales.** Las fases de reemplazo de especies que dan lugar al cambio en las comunidades o en la sucesión ecológica. Esta serie de cambios secuenciales reemplazará, de manera gradual, a los organismos originales, lo que distinguirá a la nueva etapa de la anterior.

**Frecuencia de árboles.** Número de unidades de muestreo donde aparece la especie de interés dividido entre el número total de unidades de muestreo.

**Filogeografía.** Disciplina que se encarga de estudiar los procesos que controlan la distribución geográfica de los linajes biológicos, a través de la construcción de genealogías de poblaciones y especies basadas en datos genéticos.

**Flujo génico.** El movimiento de alelos específicos entre diferentes poblaciones de una especie o entre especies relacionadas.

**Grupos funcionales de plantas.** En botánica, se refiere a las diferencias entre plantas en uno o varios atributos de su historia de vida, como modo de polinización y dispersión, necesidades para germinación y crecimiento o longevidad. En muchas ocasiones estos atributos pueden estar correlacionados. Por ejemplo, las especies denominadas pioneras, o intolerantes a la sombra, son aquellas que requieren de una gran cantidad de luz para germinar y crecer, y suelen ser de vida corta.

**Haplotipos mitocondriales.** Son las diferentes formas que puede tomar la secuencia de un gen particular de la mitocondria dentro de una población o especie. Un haplotipo es similar a un alelo, pero dado que el genoma mitocondrial se transmite sólo por la madre, cada individuo solamente tiene un haplotipo mitocondrial.

**Historia evolutiva.** Serie de eventos que conducen al origen y desarrollo de un linaje biológico (por ejemplo, de una especie).

**Idoneidad del hábitat (=habitat suitability).** Un valor que se usa para indicar la calidad y disponibilidad de hábitat para una especie, es decir, donde existen las condiciones climáticas y/o ambientales óptimas para su presencia y bajo las cuales puede sobrevivir.

**Homeostasis.** Regulación interna [fisiológica] de los individuos para mantener una condición estable y constante.

**Índice de valor de importancia (IVI).** Suma del área basal, frecuencia y densidad de una especie de planta en una determinada área. A medida que aumenta el IVI, la especie es más común, más abundante y tiene individuos de mayor talla.

**Microsatélites.** Son secuencias muy cortas de ADN que se repiten de manera consecutiva. La variación en el número de repeticiones crea alelos distintos, y esta formación de alelos distintos ocurre relativamente rápido.

**Principio de máxima entropía.** Es un procedimiento usado para generar distribuciones de probabilidad de forma sistemática y objetiva. Se puede describir como la distribución con mayor incertidumbre de entre todas aquellas distribuciones de probabilidad compatibles con cierta clase de información.

**Semillas recalcitrantes.** Aquéllas con testa delgada semipermeable, que permite el intercambio de agua y gases entre el embrión y el medio ambiente.

**Sistema de determinación sexual.** Sistema cromosómico que determina el desarrollo de características sexuales de un organismo. El sistema de determinación más común es el de tipo XY, en el cual los machos poseen un cromosoma sexual X y

un cromosoma sexual Y, pero las hembras poseen dos cromosomas sexuales X. Algunos organismos tienen sistemas de determinación sexual múltiples, en los cuales se involucran más de dos cromosomas.

**Taxón (pl. taxones).** Grupo de organismos emparentados, que en una clasificación dada han sido agrupados, y al que se le ha asignado un nombre en latín, una descripción, y un "tipo", de forma que el taxón de una especie es un espécimen o ejemplar concreto.

**Telemetría.** Técnica automatizada de las comunicaciones, usada para medir distancias entre objetos mediante una transmisión inalámbrica.

**Testa.** Capa que rodea a la semilla de las plantas, y la protege del medio ambiente.

**Vegetación riparia.** Vegetación que sobrevive fundamentalmente por la humedad del suelo, y que crece, por lo general frondosamente, en las orillas de un río.

**Zoonótico (enfermedad).** Enfermedades que pueden transmitirse de otros animales a humanos.

# Bibliografía

Aguilar-Cucurachi, S., P.A.D. Dias, A. Rangel-Negrín, R. Chavira, L. Boeck y D. Canales-Espinosa (2010), Preliminary Evidence of Accumulation of Stress During Translocation in Mantled Howlers, en *American Journal of Primatology*, 72: 805-810 <[www.uv.mx/personal/pdias/publicaciones/](http://www.uv.mx/personal/pdias/publicaciones/)>.

Arroyo-Rodríguez, V. y P.A.D. Dias (2010), Effects of Habitat Fragmentation and Disturbance on Howler Monkeys: a Review, en *American Journal of Primatology*, 71: 1-16 <[www.uv.mx/personal/pdias/publicaciones/](http://www.uv.mx/personal/pdias/publicaciones/)>.

Ávila, E.F. (2011), Germinación de semillas y crecimiento de plántulas de especies de árboles dispersadas por primates y pertenecientes a diferentes grupos funcionales en bosque continuo y fragmentos de la selva Lacandona, Chiapas, tesis de licenciatura, Morelia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Baker, L.R. (2002), "Guidelines for Nonhuman Primate Re-Introductions, en *Re-Introduction News*, 21: 3-32 <[www.iucnsscrg.org/policy\\_guidelines.php](http://www.iucnsscrg.org/policy_guidelines.php)>.

Behie, A.M., M.S.M. Pavelka y C.A. Chapman (2010), "Sources of Variation in Fecal Cortisol Levels in Howler Monkeys in Belize", en *American Journal of Primatology*, 72: 600-606.

Bonilla-Moheno, M. (2008), Forest Recovery and Management Options in the Yucatan Peninsula, Mexico, tesis de doctorado, Santa Cruz, Universidad de California.

\_\_\_\_ y K. Holl (2010), "Direct Seeding to Restore Tropical Mature Forest Species in Areas of Slash-and-Burn Agriculture", en *Restoration Ecology*, 18: 438-445.

Bonilla-Sánchez, Y.M. (2006), Evaluación de la distribución y abundancia del mono aullador negro (*Alouatta pigra*), identificando áreas potenciales para ecoturismo y conservación en playas de Catazajá, Chiapas, tesis de maestría, Xalapa, Instituto de Ecología.

Cerda-Molina, A.L., L. Hernández-López, D.L. Páez-Ponce, S. Rojas-Maya y R. Mondragón-Ceballos (2006), "Seasonal Variations of Fecal Progesterone and 17 $\beta$ -Estradiol in Captive Female Black-Handed Spider Monkeys (*Ateles geoffroyi*)", en *Theriogenology*, 66: 1985-1993.

\_\_\_\_, L. Hernández-López, R. Chavira-Ramírez, M. Cárdenas y R. Mondragón-Ceballos (2009), "Seasonality of LH, Testosterone and Sperm Parameters in Spider Monkey Males (*Ateles geoffroyi*)", en *American Journal of Primatology*, 71: 427-431.

Chaves, O.M. (2010), Dispersión de semillas por el mono araña (*Ateles geoffroyi*) en fragmentos y en áreas de un bosque continuo en la selva Lacandona: implicaciones para la conservación, tesis de doctorado, México, UNAM.

\_\_\_\_, K.E. Stoner y V. Arroyo-Rodríguez (2011 a), "Differences in Diet between Spider Monkey Groups Living in Forest Fragments and Continuous Forest in Lacandona, Mexico", en *Biotropica* (doi:10.1111/j.17447429.2011.00766.x). [www.oikos.unam.mx/paisajes/publicaciones.htm](http://www.oikos.unam.mx/paisajes/publicaciones.htm)

\_\_\_\_ y A. Estrada (2011 b), "Effectiveness of Spider Monkeys (*Ateles geoffroyi vellerosus*) as Seed Dispersers in Continuous and Fragmented Rainforests in Southern Mexico", en *International Journal of Primatology*, 32: 177-192. [www.oikos.unam.mx/paisajes/publicaciones.htm](http://www.oikos.unam.mx/paisajes/publicaciones.htm)

Conanp (2006), Programa de conservación y manejo del área de protección de flora y fauna *Otoch Ma'ax yetel Kooh*, México, Conanp, 142 pp.

Cristóbal-Azkarate, J., J.J. Veà, N. Asensio y E. Rodríguez-Luna (2005), "Biogeographical and Floristic Predictors of the Presence and Abundance on Mantled Howlers (*Alouatta palliata mexicana*) in Rainforest Fragments at los Tuxtlas, Mexico", en *American Journal of Primatology*, 67: 209-222.

\_\_\_\_, R. Chavira, L. Boeck, E. Rodríguez-Luna y J.J. Veà (2006), "Testosterone Levels of Free-Ranging Resident Mantled Howler Monkey Males in Relation to the Number and Density of Solitary Males: a Test of the Challenge Hypothesis", en *Hormones and Behavior*, 49: 261-267.

\_\_\_\_, R. Chavira, L. Boeck, E. Rodríguez-Luna y J.J. Veà (2007), "Glucocorticoid Levels in Free Ranging Resident Mantled Howlers: a Study of Coping Strategies", en *American Journal of Primatology*, 69: 866-876.

Cuarón, A. y P.C. de Grammont (2006), "An Evaluation of Threatened Species Categorization Systems Used on the American Continent", en *Conservation Biology*, 20: 14-27.

Davis, N., C.M. Schaffner y T. Smith (2005), "Evidence that Zoo Visitors Influence HPA Activity in Spider Monkeys (*Ateles geoffroyi rufiventris*)", en *Applied Animal Behavioral Science*, 90: 131-141.

Días, P.A.D., A. Coyohua, A. Rangel-Negrín y D. Canales-Espinosa (2011), "Plants Consumed by Black Howlers in the State of Campeche, Mexico", en L. Gama-Campillo, G. Pozo-Montuy, W.M. Contreras-Sánchez y S.L. Arriaga-Weiss (eds.), *Perspectivas en primatología mexicana*, Villahermosa, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, pp. 27-46 <[www.uv.mx/personal/pdias/publicaciones/](http://www.uv.mx/personal/pdias/publicaciones/)>.

Díaz-López, H.M. (2010), Uso del espacio horizontal y vertical por *Alouatta pigra* en el dosel de plantaciones agroforestales de eucalipto (*Eucalyptus spp*) en Balancán, Tabasco, tesis de maestría, Villahermosa, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco-División Académica de Ciencias Biológicas.

Dunn, J.C., J. Cristóbal-Azkarate y J.J. Veà (2011), "Effects of Fruit Consumption and Foraging Effort on Stress Levels in Two Groups of *Alouatta palliata mexicana* in Forest Fragments", en L. Gama-Campillo, G. Pozo-Montuy, W.M. Contreras-Sánchez y S.L. Arriaga-Weiss (eds.), *Perspectivas en primatología mexicana*, Villahermosa, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, pp. 63-82.

Flores-Escobar, E. (2010), Validaciones analíticas y métodos de determinación de hormonas esteroides en heces de mono aullador negro (*Alouatta pigra*), tesis de Licenciatura en Biología, México, UAM-División de Ciencias Biológicas y de la Salud-Departamento el Hombre y su Ambiente.

García-Frapolli, E., B. Ayala-Orozco, M. Bonilla-Moheno, C. Espadas-Manrique y G. Ramos-Fernández (2007), "Biodiversity Conservation, Traditional Agriculture and Ecotourism: Land Cover/Land Use Change Projections for a Natural Protected Area in the Northeastern Yucatan Peninsula, Mexico", en *Landscape and Urban Planning*, 83: 137-153.

\_\_\_\_\_, V.M. Toledo y J. Martínez-Alier (2008), "Adaptations of a Yucatec Maya Multiple-Use Ecological Management Strategy to Ecotourism", en *Ecology and Society*, 13(2): 31.

González-Di Pierro, A.M., J. BeniÁltez-Malvido, M. MeÁlndez-Toribio, I. Zermeño, V. Arroyo-Rodríguez y K.E. Stoner (2011), "Effects of the Physical Environment and Primate Gut Passage on the Early Establishment of *Ampelocera hottlei* Standley in Rainforest Fragments", en *Biotropica*, 43: 459-466. [www.oikos.unam.mx/paisajes/publicaciones.htm](http://www.oikos.unam.mx/paisajes/publicaciones.htm)

Gual, F., M. Peña-Riverón, J.L. González-Mendoza, J. Pulido-Reyes y J. Ramírez-Lezama (1997), "Mortalidad en cautiverio de primates mexicanos: saraguatos/monos aulladores (*Alouatta palliata* y *Alouatta pigra*) y monos araña (*Ateles geoffroyi*)", VI Simposio Nacional de Primatología, México.

Guzmán-Romero, B. (2010), Depredación y remoción de semillas dispersadas por *Alouatta pigra* y *Ateles geoffroyi* en bosque continuo y fragmentos de la selva Lacandona, Chiapas, tesis de licenciatura, Morelia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Hernández-López, L., L. Mayagoitia, C. Esquivel-Lacroix, S. Rojas-Maya y R. Mondragón-Ceballos (1998), "The Menstrual Cycle of the Spider Monkey (*Ateles geoffroyi*)", en *American Journal of Primatology*, 44: 183-195.

\_\_\_\_\_, A.L. Cerda-Molia, D.L. Páez-Ponce, S. Rojas-Maya y R. Mondragón-Ceballos (2007), "Artificial Insemination in Black-Handed Spider Monkey (*Ateles geoffroyi*)", en *Theriogenology*, 67: 399-406.

\_\_\_\_\_, A.L. Cerda-Molina, R. Chavira-Ramírez y R. Mondragón-Ceballos (2010), Age-Dependent Changes in Fecal 17 $\beta$ -Estradiol and Progesterone Concentrations in Female Spider Monkeys (*Ateles geoffroyi*)", en *Theriogenology*, 73: 468-473.

Lascuráin, M., R. List, L. Barraza, E. Díaz, F. Gual, M. Maunder, J. Dorantes y V. Luna (2009), "Conservación de especies *ex situ*", en J. Sarukhán (ed.), *Capital natural de México, vol. II, Estado de conservación y tendencias de cambio*, México, Conabio, pp. 517-544 <[www.biodiversidad.gob.mx/pais/edoConservacion.html](http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/edoConservacion.html)>.

Martínez-Mota, R., C. Valdespino, M.A. Sánchez-Ramos y J.C. Serio-Silva (2007), "Effects of Forest Fragmentation on the Physiological Stress Response of Black Howler Monkeys", en *Animal Conservation*, 10: 374-379.

\_\_\_\_\_, C. Valdespino, J.A. Rivera-Rebolledo y R. Palme (2008), "Determination of Fecal Glucocorticoid Metabolites to Evaluate Stress Response in *Alouatta pigra*", en *International Journal of Primatology*, 19: 1365-1373.

Mittermeier, R.A., J. Wallis, A.B. Rylands, J.U. Ganzhorn, J.F. Oates, E.A. Williamson, E. Palacios, E.W. Heymann, M.C.M. Kierulff, Y. Long, J. Supriatna, C. Roos, S. Walker, L. Cortés-Ortiz y C. Schwitzer (2009), *Primates in Peril: the World's 25 Most Endangered Primates 2008-2010*, Arlington, IUCN/SSC/Primate Specialist Group (PSG)/International Primate Society (IPS)/Conservation International (CI), 84 pp. <[www.primate-sg.org/PDF/Primates.in.Peril.2008-2010.pdf](http://www.primate-sg.org/PDF/Primates.in.Peril.2008-2010.pdf)>.

Olmos, J.C., K.E. Domínguez, B. Martínez de León y A. Escamilla (2005), "Aspectos demográficos de la población cautiva de *Ateles geoffroyi* en México", I Simposio sobre Conservación del Mono Arana en México, México, azcarm/Cepanaf/ Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México.

Pozo-Montuy, G. (2003), Comportamiento alimentario de monos aulladores (*Alouatta pigra*) en hábitat fragmentado en La rancharía Leona Vicario, Balancán, Tabasco, tesis de licenciatura, Villahermosa, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco-División Académica de Ciencias Biológicas.

\_\_\_\_\_, Y.M. Bonilla-Sánchez (2011), "El tráfico de primates mexicanos: evitarlo es una responsabilidad compartida entre gobierno, ciencia y sociedad", en *Boletín de la Asociación Mexicana de Primatología*, 6: 3-9 <[www.primates-amp.org.mx](http://www.primates-amp.org.mx)>.

Ramírez-Julián, R. (2010), Respuestas conductuales de monos aulladores negros, *Alouatta pigra* Lawrence, viviendo en remanentes de vegetación entre pastizales en Balancán, Tabasco, tesis de maestría, Xalapa, Instituto de Ecología.

Ramos-Fernández, G., L.G. Vick, F. Aureli, C. Schaffner y D.M. Taub (2003), "Behavioral Ecology and Conservation Status of Spider Monkeys in the *Otoch Ma'ax yetel Kooh* Protected Area", en *Neotropical Primates*, 11: 157-160.

Rangel-Negrín, A. (2010), Modelo eto-endocrinológico de la especie *Alouatta pigra* en Campeche, México: relaciones entre conservación del hábitat, niveles de cortisol y conducta social, tesis de doctorado, Barcelona, Universidad de Barcelona-Departamento de Biología.

\_\_\_\_\_, J.W. Lynch-Alfaro, R.A. Valdez, M.C. Romano y J.C. Serio-Silva (2009), "Stress in Yucatan Spider Monkeys: Effects of Environmental Conditions on Fecal Cortisol Levels in Wild and Captive Populations", en *Animal Conservation*, 12: 496-502.

\_\_\_\_\_, P.A.D. Dias y D. Canales-Espinosa (2011 a), "Impact of Translocation on the Behavior and Health of Black Howlers", en L. Gama-Campillo, G. Pozo-Montuy, W.M. Contreras-Sánchez y S.L. Arriaga-Weiss (eds.), *Perspectivas en primatología Mexicana*, Villahermosa, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, pp. 271-288 <[www.uv.mx/personal/pdias/publicaciones/](http://www.uv.mx/personal/pdias/publicaciones/)>.

\_\_\_\_\_, P.A.D. Dias, R. Chavira y D. Canales-Espinosa (2011 b), "Social Modulation of Testosterone Levels in Male Black Howlers (*Alouatta pigra*)", en *Hormones and Behavior*, 59: 159-166 <[www.uv.mx/personal/pdias/publicaciones/](http://www.uv.mx/personal/pdias/publicaciones/)>.

Rodrigues, S.L.A., J.D. Pilgrim, J.F. Lamoreux, M. Hoffman y T.M. Brooks (2005), "The Value of the IUCN Red List for Conservation", en *Trends in Ecology and Evolution*, 21: 71-76.

Rodríguez-Luna, E., F. García-Orduña y D. Canales-Espinosa (1993), "Translocación del mono aullador *Alouatta palliata*: una alternativa conservacionista", en A. Estrada, E. Rodríguez-Luna, R. López-Wilchis, R. Coates-Estrada (eds.), *Estudios primatológicos en México*, vol. 1, Xalapa, Universidad Veracruzana, pp. 129-178.

\_\_\_\_\_, B. Solórzano-García, A. Shedden, A. Rangel-Negrín, P.A.D. Dias, J. Cristóbal-Azkarate, L. Cortés-Ortiz, J.C. Dunn, C. Domingo-Balcells, S. Sánchez, J.J. Veà, L. Carrillo y J. Cornejo (2009), *Taller de conservación, análisis y manejo planificado para los primates mexicanos, 2006*, Xalapa, Universidad Veracruzana-CBSG México, 138 pp. <[www.cbsg.org/cbsg/workshopreports/24/mexican\\_primates\\_camp\\_\(2006\)\\_spanish.pdf#search=%22mexicanos%22](http://www.cbsg.org/cbsg/workshopreports/24/mexican_primates_camp_(2006)_spanish.pdf#search=%22mexicanos%22)>.

Sagarpa (2001), "Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999", en *DOF*, 22 de agosto, 107-164 pp. <<http://www.senasica.gob.mx/?doc=743>>.

Semarnat (2010), "Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental, especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo", en *DOF*, 30 de diciembre <[www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/normas](http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/normas)>.

Serio-Silva, J.C., N. Corona-Callejas, G. Pozo-Montuy, Y.M. Bonilla Sánchez, L. García-Feria, F. Vidal-García, F. Espinosa-Gómez y R. Kyes (2009), *Saraguatos: voces de la selva*, Veracruz, Secretaría de Educación de Veracruz, 56 pp. <[www.sev.gob.mx/servicios/publicaciones/serie\\_paradocencia/saraguatos.pdf](http://www.sev.gob.mx/servicios/publicaciones/serie_paradocencia/saraguatos.pdf)>.

Solórzano-García, B. y E. Rodríguez-Luna (2010), "Cambios demográficos en poblaciones de primates de la región sur de los Tuxtlas, México: análisis longitudinal 1985-2008", en *Neotropical Primates*, 17: 1-6  
<[www.primate-sg.org/PDF/NP17.1.pdf](http://www.primate-sg.org/PDF/NP17.1.pdf)>.

UICN (1998), *Guías para reintroducciones de la UICN*, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido, UICN-Grupo especialista en reintroducciones de la Comisión para la Supervivencia de Especies de la UICN, 20 pp.  
<[www.iucnsscrg.org/policy\\_guidelines.php](http://www.iucnsscrg.org/policy_guidelines.php)>.

UICN -World Conservation Union, 2008 <[www.iucn.org/en/about](http://www.iucn.org/en/about)>.

Van Belle, S., A. Estrada y K.B. Strier (2008), "Social Relationships among Male *Alouatta pigra*", en *International Journal of Primatology*, 29:1481-1498.

\_\_\_\_\_, A. Estrada, T.E. Ziegler y K.B. Strier (2009 a), "Sexual Behavior Across Ovarian Cycles in Wild Black Howler Monkeys (*Alouatta pigra*): Male Mate Guarding and Female Mate Choice", en *American Journal of Primatology*, 71: 153-164.

\_\_\_\_\_, A. Estrada, T.E. Ziegler y K.B. Strier (2009 b), "Social and Hormonal Mechanisms Underlying Male Reproductive Strategies in Black Howler Monkeys (*Alouatta pigra*)", en *Hormones and Behavior*, 56: 355-363.

Vidal-García, F. (2010), Distribución espacial de los monos aulladores (*Alouatta pigra* y *Alouatta palliata mexicana*) en el estado de Tabasco: uso del modelado de distribución potencial y verificación en campo, tesis de maestría, Xalapa, Instituto de Ecología.

Wasser, S.K., J. Cristóbal-Azkarate, R.K. Booth, L. Hayward, K. Hunt, K. Ayres, C. Vynne, K. Gobush, D. Canales-Espinosa y E. Rodríguez-Luna (2010), "Non-Invasive Measurement of Thyroid Hormone in Feces of a Diverse Array of Avian and Mammalian Species", en *General and Comparative Endocrinology*, 168: 1-7.



■ Algunos de los participantes en el simposio

Foto: Ariadna Rangel Negrín



■ Grupo de captura de primates de la Universidad Veracruzana

Foto: Gerard Muntané



■ Asistentes de campo e investigadores

Foto: Colleen Schaffner



El libro *La conservación de los primates en México* terminó de imprimirse en los talleres gráficos de Fotolitográfica ARGO, en la Ciudad de México, en el mes de septiembre de 2011. Los interiores están fabricados en couché mate de 135 g y los forros en cartulina sulfatada de 14 pts. Las familias tipográficas utilizadas son Myrad Pro y Baskerville.

El tiraje consta de 1 500 ejemplares.