

Citar como: Rangel-Negrín A, Dias PAD, Canales-Espinosa D. 2011. Respuestas hormonales de los primates mexicanos a factores socioambientales. En: Dias PAD, Rangel-Negrín A, Canales-Espinosa D (eds.). La Conservación de los Primates en México. Colección la Ciencia en Veracruz, Consejo Veracruzano de Ciencia y Tecnología, Xalapa (Ver.). Pp. 149-171.

## 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. † Caut = cautiverio. VL = vida libre. ‡ Estudio de una especie de primate mexicano no realizado en México. \*\* 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. palliata* 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

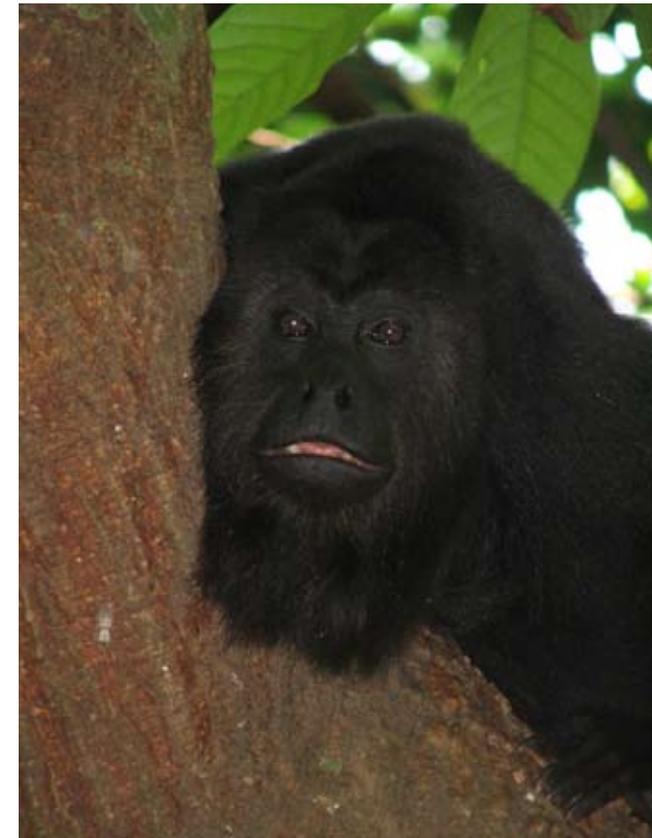
■  
Floración en los Tuxtlas  
Foto: Pedro Días



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.