

Dominancia social, diferencias sexuales y niveles de cortisol fecal en monos aulladores

Carola L. Arnijas y Marta M. Suárez

Departamento de Fisiología Animal, Facultad De Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales, Universidad Nacional De Córdoba, Argentina.

Fecha de recepción del manuscrito: 15/09/2017

Fecha de aceptación del manuscrito: 19/12/2017

Fecha de publicación: 15/03/2018

Resumen— El objetivo de este trabajo, es el estudio del estrés causado por las relaciones sociales en machos y hembras de mono aullador negro y dorado (*Alouatta caraya*). El mismo se llevó a cabo en una población de monos aulladores conservada *ex-situ* en condiciones de semilibertad, durante la estación de verano. En tres tropas se determinaron las jerarquías de dominancia en machos y hembras y se obtuvieron muestras de heces de ambos sexos para analizar la concentración de cortisol mediante radioinmunoensayo. Los resultados obtenidos demostraron la existencia de jerarquías tanto en machos como en hembras. En cuanto a la concentración de cortisol fecal, indicador de estrés, en las monas subordinadas se detectaron niveles elevados de esta hormona con respecto a las monas dominantes. Ese incremento fue aún mayor al comparar las hembras subordinadas con los machos de ambas jerarquías ($p < 0.05$). El nivel de estrés crónico de estas monas subordinadas provocó efectos deletéreos en ciertos parámetros físicos y/o conductuales, tales como el crecimiento retardado, los abortos recurrentes y la sumisión acentuada.

Palabras clave— Mono aullador negro, cortisol, dominante y subordinado.

Abstract— Stress is a physiological response of an animal to a stressor, which triggers a hormonal action that allows the animal to cope with the threat against the homeostasis balance. This response involves the endocrine and nervous systems, and cortisol is part of the hormonal response. It is possible to determine cortisol concentration in the feces in a non-invasive manner. The objective of this paper is the study of the stress caused by social interactions in male and female black-and-gold howler monkeys (*Alouatta caraya*). This work was carried out during a summer season on a population of howler monkeys kept *ex-situ* in semi-free conditions. Dominance relationships of males and females of three troops were determined and stool samples were analyzed for cortisol concentration through radioimmunoassay as a measure of stress. Both males and females had dominance hierarchies. Subordinate females had elevated levels of fecal cortisol compared to dominant ones, and female cortisol concentration was higher than males ($p < 0.05$). The chronic stress level of these subordinate female monkeys caused deleterious effects on physical parameters and/or behavior, e.g., retarded growth, abortions and accentuated submissiveness.

Keywords— Black howler monkey, cortisol, dominant and subordinate.

INTRODUCCIÓN

El estrés es el conjunto de reacciones fisiológicas que preparan a un organismo para la acción, según la Organización Mundial de la Salud. Esa respuesta, es una adaptación que le permite al animal responder de forma rápida ante una amenaza contra su equilibrio homeostático o fisiológico (Sapolsky, 1990). La exposición de un organismo a distintos estresores, activa los ejes Hipotálamo-Hipófisis-Adrenal (HHA) y el Simpático-Adrenomedular (SAM) (Mostl y Palme, 2002; Suárez et al., 2004; Renard et al., 2005). Cuando se activa el eje HHA, se

produce un aumento en la secreción hipotalámica de la hormona liberadora de la corticotropina (CRH). Esta hormona, actúa a nivel de la hipófisis anterior estimulando la síntesis y secreción de adrenocorticotropina (ACTH) que, por circulación general, llega a la corteza suprarrenal para liberar a los glucocorticoides, que son los efectores finales del eje (De Kloet et al., 1998). En todas las especies de mamíferos, los principales glucocorticoides, secretados por la corteza suprarrenal, son el cortisol y la corticosterona. En primates, se observa un predominio en la secreción de cortisol (Sapolsky, 2005; Hill y Anderson, 2006). El cortisol, participa en la respuesta al estrés estimulando o inhibiendo distintas funciones. Finalmente, esta hormona se metaboliza en el hígado y se excreta rápidamente por orina, además existe una circulación entero-hepática de glucocorticoides y cerca del 15% del cortisol secretado se excreta con las heces. Esta forma de excreción en mamíferos, ha permitido medir la concentración de metabolitos de cortisol en las heces, (Sapolsky, 2005) por

Dirección de contacto:

Marta Suárez, Avenida Vélez Sarsfield 299, X5000JJC. Tel: 5353800 interno 732, marta.suarez@unc.edu.ar

método no invasivo (Palme, 2005; Palme et al., 2005; Ziegler y Wittwer, 2005; Keay et al., 2006; Lasley y Savage, 2007). La medición de la concentración de glucocorticoides en sangre presenta inconvenientes ya que la toma de la muestra por sí misma es un procedimiento estresante para el animal (Palme et al., 2005; Keay et al., 2006). Estudios previos en los que se han medido esteroides a partir de heces en primates no humanos, fueron realizados para *Macaca nemestrina* (Risler et al., 1987; Ziegler y Wittwer, 2005). Con respecto a especies neotropicales, han sido estudiadas, el mono aullador negro (*Alouatta pigra*) (Martínez Mota, 2004), el mono araña (*Ateles geoffroyi*) (Rangel-Negrin, 2003), el mono caí (*Cebus apella*) (Lynch et al., 2002), el muriquí (*Brachyteles arachnoides*) (Strier et al., 1999) y el mono ardilla (*Saimiri sp*) (Coe y Levine, 1995). En el presente trabajo se analizó el mono aullador negro y dorado, *Alouatta caraya*. Esta especie presenta dimorfismo y dicromatismo sexual (Coppo y Resoagli, 1978). Su dieta es folívora-frugívora (Neville et al., 1988; Zunino, 2001) y se organizan en grupos uni- o multimachos con hembras e individuos inmaduros (Neville et al., 1988; Fernández-Vidal, 1999). Se sabe que el gregarismo en primates establece competencia entre individuos dentro y entre grupos, ya que las hembras compiten unas con otras por los recursos alimenticios, mientras que los machos compiten entre ellos por el acceso a hembras reproductivas (Boyd y Silk, 2001; Strier, 2007; Sussman y Garber 2007). Además, los machos pueden competir por los alimentos como una forma indirecta de competencia por las hembras (Snaith y Chapman, 2007). Esta competencia puede ser de distinto tipo e intensidad (Sterck et al., 1997; Snaith y Chapman, 2007) y generalmente, estaría mediada por relaciones de dominancia que suelen establecerse a partir de confrontaciones espontáneas (Boyd y Silk, 2001). Los comportamientos afiliativos ocurren con mayor frecuencia que los comportamientos agresivos en muchas especies de primates (Sussman y Garber, 2007). En los monos aulladores, los comportamientos agonísticos no superan el 2% del comportamiento social (Martínez Mota, 2004; Sussman y Garber, 2007). Por esto, en machos de monos aulladores la determinación de las jerarquías de dominancia, contabilizando la suplantación, la agresión y la evitación puede resultar difícil (Martínez Mota, 2004). En algunos estudios se ha observado que, en los encuentros entre grupos, los machos emiten aullidos que son más conspicuos y frecuentes en el macho dominante que en los machos subordinados. El costo de emitir tales vocalizaciones, sería menor que el provocado por enfrentamientos agonísticos que pueden producir graves heridas e incluso la muerte (Wang y Milton, 2003; Kitchen et al., 2004). Las interacciones agonísticas exponen al animal constantemente a estresores psicosociales (Sapolsky, 2005). Por ello, el rango jerárquico dentro del grupo influye sobre la medida en que un individuo sufre estrés físico y/o psicológico (Sapolsky, 2005).

En este trabajo se ha estudiado a los monos aulladores (*A. caraya*) conservados *ex-situ* en estado de semilibertad, en la localidad de La Cumbre, provincia de Córdoba, República Argentina a fin de determinar si se establecen entre ellos jerarquías de dominancia, tanto en hembras como en machos, y de evaluar a través de la determinación de metabolitos de cortisol en heces, si la posición de un

individuo en la jerarquía de dominio produce distintos niveles de estrés.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio

El proyecto se realizó en el Centro de Reeducción del Mono Aullador Negro (CRMAN) situado en Paraje Tiu Mayu, La Cumbre, Córdoba, Argentina (30°58 S; 64°25 O) a una altura de 1409 m.s.n.m (Bruno et al., 2004). Esta zona corresponde al Distrito Chaqueño Serrano, de clima continental, con precipitaciones principalmente estivales que oscilan entre 500-1200 mm y con una temperatura media de 23° (Cabrera, 1971). Si bien el tipo de vegetación predominante era el bosque xerófito caducifolio (Cabrera, 1971), actualmente gran parte de la vegetación es exótica introducida (Bruno et al., 2004). El sitio fue creado en 1994 (Bruno et al., 2004) en respuesta a la problemática de comercialización ilegal de *A. caraya* (Berttonati, 1995). Por ello, el plantel de monos está formado por ejemplares provenientes del decomiso y nacidos en el CRMAN (Bruno et al., 2004). Las tropas de monos aulladores habitan en parches del bosque no mayores a un cuarto de hectárea, poseen libertad para desplazarse entre y dentro de los parches, presentan cohesión social, manifiestan comportamientos agonísticos contra grupos vecinos mediante batallas vocales, especie-específicas y forrajeo espontáneo aunque, por las condiciones de la vegetación y la marcada estacionalidad, se les aporta una ración diaria de agua y comida (Bruno et al., 2004).

Sujetos de estudio

Se trabajó con machos y hembras adultos y subadultos de tres tropas habituadas. La clasificación por edad y sexo se realizó según criterios de Rumiz (1990). Los individuos se identificaron por ciertas características morfológicas, tales como coloración, tamaño y presencia de cicatrices. En la tropa 1, se estudiaron los siguientes individuos: un macho adulto, dos machos subadultos y dos hembras adultas. En la tropa 2 se analizaron: un macho adulto, un macho subadulto y dos hembras adultas. En la tropa 3, se estudiaron: un macho adulto, un macho subadulto y dos hembras adultas. En el registro de los datos comportamentales también se consideraron a las hembras juveniles.

Datos de comportamiento

El muestreo se realizó durante la estación de verano. Dicha estación fue elegida por contar con mejores condiciones ambientales para este estudio. Cada grupo fue evaluado cinco días a la semana. Las muestras de materia fecal de los mismos se recolectaron una vez por semana en cada mes. Los meses considerados fueron diciembre, enero y febrero.

La jerarquía de la dominancia del grupo se determinó en función de la dirección de los eventos agonísticos entre los individuos. Para el registro del comportamiento de las hembras se usó el método *ad libitum* (Martin y Bateson, 1991; Singh et al., 2006), registrándose los comportamientos: suplantación, agresión y evitación. Suplantación significa que ante la llegada de un individuo el otro individuo se aleja inmediatamente, siendo este último, el perdedor. Por ejemplo si una hembra se encuentra en un refugio o está con un macho, la llegada de otra

hembra hace que ella abandone el lugar, en ese caso es perdedora.

Agresión es una conducta en la cual la interacción se manifiesta con peleas por recursos, tales como comida, lugar de descanso, etc. Se considera ganador al que obtiene lo que pretende. Se observan mordidas, gritos y tirones de pelos, acompañados por gestos y sonidos característicos como chillidos, sacudir ramas o posturas del cuerpo como revolcarse en el piso frente al adversario.

Evitación: un individuo es ganador cuando otro se reprime acercarse a él, por ejemplo si está comiendo, otro espera que termine, incluso puede quedarse sin poder alimentarse o cambiar de camino si el anterior está cerca. Para evaluar la dominancia se construyeron matrices sociométricas de interacciones diádicas (Martin y Bateson, 1991; Singh et al., 2006) y se calculó el índice de dominancia de hembras para cada tropa como: $ID=S (W_i/T_i)/N$ donde W_i es el número de interacciones ganadas o dominancias por el individuo i , T_i es el número total de interacciones del individuo i y N es el número total de oponentes y cuyo resultado varía entre 0 y 1, correspondiendo este último valor al individuo más dominante (Lenhner, 1996; Cristiano, 2004).

Con respecto a los machos se realizaron observaciones *ad libitum*, asignando como macho dominante o ganador a aquel que inició y participó con mayor frecuencia en vocalizaciones durante los encuentros intergrupales (Kitchen et al., 2003, 2004; Wang y Milton, 2003; Martínez Mota, 2004; Da Cunha y Byrne, 2006; Da Cunha y Jalles-Filho, 2007).

Recolección de materia fecal

Las heces frescas de cada individuo se recolectaron con espátulas desechables en frascos estériles y se rotularon indicando, fecha de recolección, individuo a quien pertenecía y número de tropa. Las muestras se conservaron en etanol al 75% y luego se congelaron a -20° hasta el momento de analizarlas (Pride, 2005; Keay et al., 2006).

Grupos de análisis

Los grupos de animales en los que se tomaron las muestras de materia fecal para la detección de los metabolitos de cortisol, se clasificaron según: el rango de dominancia, el sexo y el período de recolección de la materia fecal.

Análisis de las muestras

Para extraer el cortisol fecal se evaporó el exceso de etanol dejando las muestras destapadas durante 2-3 días a temperatura ambiente. Las muestras secas se tamizaron para eliminar restos de vegetación. Del polvo obtenido se tomaron 0.2 g y se diluyeron en 2 ml de metanol, agitándose en un vórtex durante 5 min. Para cuantificar la concentración de cortisol fecal en cada muestra se realizó una cromatografía líquida de alta presión (HPLC) para la separación de los metabolitos, los que se midieron por radioinmunoanálisis (corticosterone I_{125} de MP Medicals) (Pride, 2005).

Análisis Estadístico

Los resultados obtenidos en los niveles de cortisol en materia fecal, se validaron mediante el test de análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetidas a tres vías, con los siguientes criterios de clasificación: jerarquías

(dominantes y subordinados), sexos (macho y hembra) meses de verano (diciembre, enero y febrero) y test *a posteriori* de Fisher con una significancia $p < 0.05$.

RESULTADOS

Jerarquía de dominancia

La Tabla 1 muestra las interacciones agonísticas observadas durante los meses de verano en las tres tropas. En todos los casos puede observarse que una hembra posee más interacciones ganadas que las otras. En la Tabla 2 se muestran los índices de dominancia obtenidos para cada hembra adulta de las tres tropas estudiadas, clasificándolas en dominantes o subordinadas según el índice se aproxime a 1 ó 0 respectivamente. Respecto a la jerarquía en machos, se estableció como dominante al macho que iniciaba aullidos en contra de otro grupo con mayor frecuencia, siendo el macho adulto el 100% de las veces en las tres tropas (Figura 1).

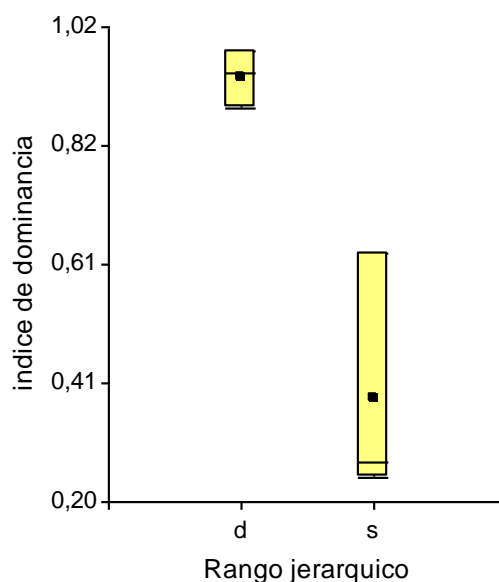


Fig. 1: Índice de dominancia de las hembras en relación a su rango jerárquico [dominantes (d) y subordinadas (s)] de las tres tropas estudiadas.

Análisis hormonal

En la Figura 2 se observan los valores de concentración de cortisol fecal para los machos dominantes (89.98 ng/g) y subordinados (41.71 ng/g) de las tres tropas y para las hembras dominantes (171.18 ng/g) y subordinadas (341.41 ng/g) de las tres tropas, obtenidos para los meses de verano como se mencionó anteriormente. En ambos sexos fueron evaluados individuos jóvenes y adultos no viejos, sin influencia etaria en los niveles hormonales.

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza para medidas repetidas, no habría una diferencia significativa entre las concentraciones de cortisol fecal de machos dominantes y de los subordinados. En cuanto a las hembras, si bien los valores de cortisol de hembras subordinadas sobrepasan ampliamente los valores de las hembras dominantes, esta diferencia no es estadísticamente significativa.

Los valores de cortisol medidos en las hembras subordinadas se diferenciaron significativamente de los detectados en machos de ambas jerarquías [F (1.9)=8.66 < 0.05], cabe destacar que la mayoría de los valores obtenidos para los machos de ambos rangos, no sobrepasan los 205 ng de cortisol/g de materia fecal, mientras que los valores detectados en las hembras, superan hasta tres y cuatro veces este valor (694ng/g y 951ng/g). Además las hembras presentan un mínimo de 25.3ng de cortisol/g materia fecal mientras que en machos es de 4.95 ng de cortisol/g materia fecal. Por otra parte no se observaron diferencias entre los distintos meses en que se midieron las concentraciones de cortisol fecal.

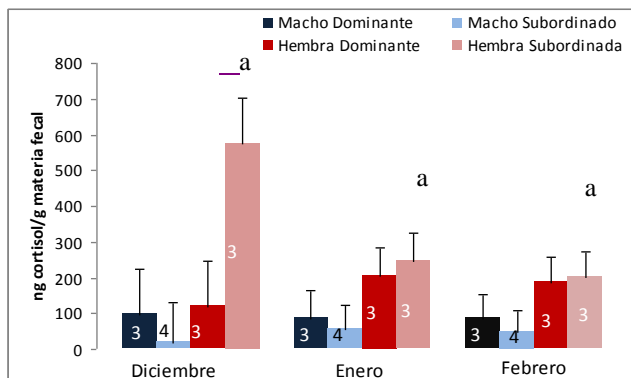


Fig. 2: Concentración de cortisol en materia fecal de monos machos y hembras, *Alouatta caraya*, dominantes y subordinados, obtenidos durante diciembre, enero y febrero. Los datos se expresan como media ± Es. (a)=p< 0.05 vs. machos subordinados y machos dominantes. En cada barra se indica el número de individuos.

TABLA 1: MATRIZ SOCIOMÉTRICA DE INTERACCIONES DIÁDICAS ENTRE HEMBRAS DE LA TROPA 1, 2 Y 3, MOSTRANDO LOS RESULTADOS DE LAS INTERACCIONES SOCIALES (EVITACIÓN, AGRESIÓN Y SUPLANTACIÓN) ENTRE LAS HEMBRAS DE LA TROPA 1, 2 Y 3, EN LA ESTACIÓN DE VERANO. LA PRIMERA FILA CORRESPONDE A INDIVIDUOS VENCIDOS, LA PRIMERA COLUMNA A INDIVIDUOS GANADORES Y LA ÚLTIMA COLUMNA AL TOTAL DE INTERACCIONES GANADAS DE CADA HEMBRA. ABREVIATURAS: HA: HEMBRA ADULTA, HJ: HEMBRA JUVENIL.

Tropa 1	Ha1	Ha2	Ha3	Hj1	Hj2	Total ganadas
Ha1	-	12	9	1	2	24
Ha2	1	-	3	3	1	8
Ha3	0	2	-	1	1	4
Hj1	0	1	2	-	1	4
Hj2	0	0	2	5	-	7
Tropa 2	Ha1	Ha2	Hj1	Hj2	nf.	Total ganadas
Ha1	-	16	7	2	0	25
Ha2	5	-	0	1	0	6
Hj1	1	0	-	1	0	2

Hj2	0	1	1	-	0	2				
Inf	0	0	0	0	-	0				
Tropa 3	Ha1	Ha2	Ha3	Hj1	Hj2	Hj3	Inf1	Inf2	Inf3	Total ganadas
Ha1	-	1 6	3	1	9	0	0	0	0	29
Ha2	6	-	0	4	0	0	0	0	0	10
Ha3	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0
Hj1	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0
Hj2	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0
Hj3	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0
Inf1	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
Inf2	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0
Inf3	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0

TABLA 2: ÍNDICE DE DOMINANCIA CALCULADO PARA CADA HEMBRA ADULTA DE LAS TRES TROPAS. HA: HEMBRA ADULTA.

Tropa	Hembra	Índice de dominancia
1	Ha1	0.98
1	Ha3	0.27
2	Ha1	0.87
2	Ha2	0.24
3	Ha1	0.93
3	Ha2	0.63

DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observa que en las tres tropas de la población de mono aullador negro, *A. caraya*, mantenida en condiciones de semilibertad, en el Centro de Reeduación de Mono Aullador Negro, se establecen jerarquías de dominancia tanto entre las hembras (Fig. 1) como en los machos, coincidiendo esto con lo observado por Jones (1978, 1980, 1983) para grupos de *A. palliata*, *A. seniculus* y *A. caraya*. Esto difiere con respecto a lo encontrado en Corrientes (Argentina) para dos tropas de hembras, donde si bien también se observó que una hembra de cada tropa gana más interacciones que las otras, los índices no indicaron existencia de dominancia (Cristiano et al., 2004). Sin embargo, la autora sugiere aumentar el número de horas de observación e incluir en el estudio otros parámetros que permitan medir dominancia como quién adquiere primero los recursos limitantes y quién recibe más tiempo de acicalamiento. Por otro lado, si relacionamos el nivel jerárquico con el grado de estrés, en nuestro estudio, encontramos que las hembras subordinadas muestran un aumento del 50.14 % en las concentraciones de cortisol, en comparación a las hembras dominantes

aunque sin alcanzar significación estadística, pero indicando una situación de alerta en su condición de subordinada.

Por otra parte, es importante mencionar que de la tropa 1, la hembra Ha3 clasificada como subordinada y cuyo nivel de cortisol fue el más elevado durante el periodo de estudio (951 ng/g), sufrió un aborto. Este hecho podría estar relacionado con la inhibición de la reproducción durante el estrés crónico que puede aumentar el riesgo de aborto (Sapolsky, 2005). En papiones se ha observado altas tasas de aborto asociadas con este tipo de estrés (Wasser et al., 2004). También, se ha relacionado al estrés crónico con el retraso de la pubertad, la disminución de los niveles de estrógeno y de progesterona, el incremento de los ciclos anovulatorios, la prolongación de los intervalos entre nacimientos y la acelerada senescencia reproductiva (Sapolsky, 2005). Esto último, ha sido observado en babuinos, cuyas hembras dominantes llegan a la madurez sexual antes, tienen una vida reproductiva más larga y producen más descendencia de ambos sexos que además sobreviven más años que los descendientes de hembras subordinadas (Wasser et al., 2004). Además, la hembra Ha3, mostraba bajo peso respecto a las otras hembras adultas Ha1 y Ha2 y murió a mayor edad. Este hecho podría vincularse con la supresión inmune durante la fase tardía de la respuesta al estrés lo que incrementa el riesgo ante infecciones (Sapolsky, 2005). También en la tropa 1, la hembra Hj1, de igual edad que la hembra Hj2, con la cual se enfrentó seis veces y ganó sólo una, luego fue expulsada del grupo y, mientras la Hj2 alcanzó el tamaño adulto, la Hj1 permaneció de menor tamaño.

En la tropa 3, la hembra Hj2 que perdió nueve veces con la hembra Ha1 clasificada como dominante, también fue expulsada y permaneció de menor tamaño que la hembra Hj1 de igual edad. Las cuatro hembras juveniles mencionadas tenían tres años de edad al momento de este estudio. Esto podría sugerir que las jerarquías de dominancia en las hembras de *A. caraya* se establecen antes de llegar a adultas hecho similar a lo sugerido para *A. palliata* en condiciones de libertad y para *A. caraya* en cautiverio por Jones (1978, 1980).

Por otra parte, se conoce que durante el establecimiento de jerarquías las interacciones son muy fuertes, aunque una vez establecidas las jerarquías de dominancia estas emiten señales de apaciguamiento tendientes a evitar la agresión (Mair, 2001). Durante las interacciones para lograr la dominancia se producen mayores niveles de estrés, lo que podría provocar la pérdida de peso o retardar el crecimiento en aquellos individuos que pierden mayor número de interacciones (Sapolsky, 2005). Este hecho explicaría el escaso crecimiento de las dos hembras expulsadas respecto a las que permanecieron en el grupo.

Datos bibliográficos indican que en las hembras cautivas de macacos de cola larga existe una relación entre rango de dominancia y los niveles de cortisol sérico bajo condiciones de estabilidad social (Stavisky et al., 2001). Mientras que en hembras libres de macaco de cola larga las concentraciones de cortisol urinario fueron independientes del rango de dominancia (van Shaik et al., 1991). Por otro lado, en hembras de lémur cola anillada, las concentraciones de cortisol fueron altas en hembras dominantes y bajas en subordinadas (Cavigelli, 1999). Así mismo, en hembras de marmosa común se detectaron

niveles altos para las hembras dominantes ovulatorias y bajos para las hembras subordinadas anovulatorias (Saltzman et al., 1994). Sin embargo, no existen estudios previos sobre los niveles de estrés entre hembras dominantes y subordinadas de otras especies del género *Alouatta* que permitan hacer una comparación más precisa.

En el caso de los machos, donde también se establece una jerarquía de dominancia caracterizada por aullidos más frecuentes y conspicuos del macho dominante durante encuentros intergrupales, según datos logrados con nuestra evaluación, tampoco se encontraron diferencias en los niveles de estrés entre dominantes y subordinados, lo que coincide con lo reportado para *A. pigra* (Martínez Mota, 2004), *Gorilla gorilla* (Robbins y Czekala, 1997) y *Cebus apella* (Lynch et al., 2002) y *Brachyteles arachnoides* (Strier et al., 1999). Estos hallazgos contrastan con lo informado para *A. palliata* donde los machos de mayor jerarquía presentaron valores de cortisol más bajos que los machos subordinados (Clarke y Teaford, 2002) al igual que lo detectado en los babuinos *Papio cynocephalus* siempre que las jerarquías sociales se mantuvieran estables (Sapolsky y Share, 1994). En cuanto a los monos ardilla, los machos dominantes poseían concentraciones más elevadas de cortisol que los subordinados (Coe et al., 1979). Goymann y Wingfield (2004) proponen que si un individuo dominante tiene un gasto energético mayor que uno subordinado, probablemente sus concentraciones de glucocorticoides sean más altas. Pero si ocupar la posición de dominante o subordinado demanda el mismo gasto energético, los niveles de glucocorticoides no diferirán entre los individuos de ambos estatus. Este hallazgo podría explicar lo encontrado para hembras y machos de *A. caraya* en el presente estudio. Por otra parte, Sapolski (2005) sugiere que en las especies donde el macho dominante muestra caracteres sexuales secundarios prominentes (en este caso pelaje negro y mayor tamaño) los machos subordinados mantienen caracteres “juveniles” en la presencia del dominante y muestran bajos niveles de estrés. Esto también ha sido sugerido por Neville (1988) para *A. caraya* y observado en el lugar de estudio, que machos de 5 años, de menor tamaño que el adulto y pelaje de color marrón, al morir el macho dominante, se tornan negros rápidamente y aumentan de tamaño. Respecto a los niveles de estrés entre machos y hembras se detectó una diferencia significativa entre las hembras subordinadas y los machos lo que coincide con otros estudios que reportan diferencias sexuales (von der Ohe et al., 2002). En contraposición, en *A. pigra* no se encontraron diferencias entre hembras y machos. Por otra parte, se conoce que el estradiol influye sobre los niveles de cortisol, por lo que es de esperar que los niveles de esta hormona en las hembras presenten fluctuaciones y sean diferentes a los niveles hormonales en los machos en determinados momentos del año. Así, se ha encontrado que en las hembras de mono ardilla, el estrógeno, provoca un aumento en los niveles de cortisol durante la preñez temprana (Coe et al., 1986). En tamarines, los niveles de cortisol son más altos durante la fase periovulatoria que durante la fase no-periovulatoria y muy altos para hembras dominantes preñadas. Mientras que en los machos de macacos cola larga (Glick, 1984), capuchinos (Lynch et al., 2002) y mono ardilla *Saimiri sciureus* (Mendoza y Mason, 1991), la exposición a hembras en estro provoca el aumento de cortisol y de

testosterona. Sin embargo, la mayoría de los estudios hormonales en primates no reportan comparaciones entre sexos por lo que sería interesante realizar muestreos más frecuentes y prolongados y medir hormonas esteroides femeninas que pudieran relacionarse con los valores de cortisol en hembras y machos durante los distintos estadios reproductivos.

De lo anteriormente expuesto se puede inferir en este grupo de *A. caraya*, la presencia de un verdadero dimorfismo sexual, tanto físico, conductual, como endócrino y de niveles bien establecidos de dominancia y subordinación. En este último caso muy acentuado por el estrés crónico, en particular en hembras subordinadas quienes sufrieron consecuencias que afectaron su organismo, como la escasa talla y abortos espontáneos que las mismas padecieron. Estos datos, contribuirían a mejorar el manejo de animales mantenidos en condiciones de semilibertad como en el CRMAN. Teniendo en cuenta que las hembras tienen niveles de cortisol, hormona del estrés, más elevados que los machos y que, las subordinadas sufren más las consecuencias de la posición jerárquica inferior, permitiría establecer pautas de cuidado diferenciado sobre todo en los períodos reproductivos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Córdoba por el subsidio otorgado a proyectos de Investigación y Desarrollo (Res. 203/14). Cátedra de Fisiología Animal, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. UNC.

REFERENCIAS

- [1] Berttonati C., (1995), "El comercio de primates en la República Argentina", *Neotropical Primates*, 3(2):35-37.
- [2] Boyd R. y Silk J., (2001), *Cómo evolucionaron los humanos*, Editorial Ariel Cienca, Barcelona.
- [3] Bruno G. Giudice A.M. Nieves M. Juárez y A. Mudry M., (2004), "Centro de recuperación del mono aullador negro: estación para la conservación ex situ de *Alouatta caraya*", en *Proc. of the XVIII Jornadas Argentinas de Mastozoología*, Universidad Nacional de la Patagonia, Puerto Madryn Argentina.
- [4] Cabrera A.L., (1971), "Fitogeografía de la República Argentina", en *Proc. of the Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, vol. 14, pp.1-42.
- [5] Cavigelli S.A., (1999), "Behavioral patterns associated with faecal cortisol levels in free ranging female ring-tailed lemurs (*Lemur catta*)", *Animal Behavior*, 57:935-944.
- [6] Clarke M.R. y Teaford, M.F., (2002), "Preliminary study on hormone measurement in dried feces on free- ranging howler monkeys (*Alouatta palliata*) in Costa Rica", *American Journal of Primatology*, 57: 67-68.
- [7] Coe C., L. Mendoza S.P. y Levine S., (1979), "Social status constrains the stress response in the squirrel monkey", *Physiology and Behavior*, 23: 633-638.
- [8] Coe C., L. Mrai J.T., Wiener S.G., Levine S. y Siiteri P., (1986), "Rapid cortisol and CBG responses during pregnancy and after estrogen administration in squirrel monkey", *Endocrinology*, 118:435-440.
- [9] Coppo J.A. y Resoagli E.H., (1978), "Etapas de crecimiento en mono caraya (*Alouatta caraya*)", *Facena*, 2: 29-39.
- [10] Cristiano P.M. Oklander L. Ly Zunino G.E., (2004), "Estudio preliminar de dominancia entre hembras de mono aullador negro y dorado (*Alouatta caraya*) en el nordeste argentino", en *Proc. of the Congreso de Ecología de Mendoza*, Mendoza, Argentina.
- [11] Da Cunha R. y Byrne R., (2006), "Roars of black howler monkeys (*Alouatta caraya*): evidence for a function in inter-group spacing", *Behavior*, 143: 1169-1199.
- [12] Da Cunha R. y Jalles-Filho E., (2007), "The roaring of southern brow howler monkeys (*Alouatta guariba clamitans*) as a mechanism of active defence of border", *Folia Primatologica*, 8: 259-271.
- [13] De Kloet E.R., Meijer O.C. y Van Haarst, A.D., (1998), "Corticosteroid hormones and the organization of the stress response system", En *New Frontiers in Stress Research Modulation of Brain Function*, pp. 1-20, Harwood Academic Publishers, (Overseas Publishers Association), Amsterdam.
- [14] De Kloet, E.R., (1999), *New Frontiers in Stress Research Modulation of Brain Function*, Hawood Academic Publisher, Netherland.
- [15] Fernández-Vidal J.M., (1999), *Estructura y organización social del mono aullador negro (*Alouatta caraya*) y su relación con factores ecológicos operantes en dos hábitats diferentes del nordeste de Argentina*, Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Córdoba.
- [16] Glick, B.B., (1984), "Male endocrine responses to female effects of social cues in cynomolgus macaques", *American Journal of Primatology*, 6: 229-239.
- [17] Goymann, W., Wingfield, J.C., (2004), "Allostatic load social status and stress hormones: costs of social status matter", *Animal Behavior*, 67: 591-602.
- [18] Hill R.W., Wyse G.A. y Anderson M., (2006), "Fisiología Endócrina y neuroendócrina", En *Fisiología Animal*, pp. 457-496, Editorial Médica Panamericana, España.
- [19] Jones C.B., (1978), *Aspects of reproductive behavior in the mantle howler monkey (*Alouatta palliata*)*, Doctoral thesis, Cornell University Ithaca.
- [20] Jones C.B., (1980), "The functions of status in the mantle howler monkey (*Alouatta palliata*): intraspecific competition for group membership in a folivorous neotropical primates", *Primates*, 21: 389-405.
- [21] Jones C.B., (1983), "Social organization of captive black howler monkeys (*Alouatta caraya*): Social competition and the use of non-damaging behavior", *Primates*, 24: 25-39.
- [22] Keay J.M., Singh B.S., Matthew C., Gaunt B.S. y Kaur T., (2006), "Fecal glucocorticoids and their metabolites as indicators of stress in various mammalian species: a literature review", *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 37(3):234-244.
- [23] Kitchen D.M. Horwich R. y James, R., (2004), "Subordinate black howler monkey (*Alouatta pigra*) responses to loud calls: experimental evidence for the effects of intra-groups male relationships and age", *Behavior*, 141: 703-723.
- [24] Kitchen D.M. Seyfarth R.M., Fischer J. y Cheney, D., (2003), "Loud calls as indicators of dominance in male baboons (*Papio cynicephalus ursinus*)", *Behavior Ecology and Sociobiology*, 53: 374-384.
- [25] Lasley, B.L. and Savage, A., (2007), "Advances in the understanding of primate reproductive endocrinology", En *Primates in perspective*, pp.356-369, Oxford Univ Press, New York.
- [26] Lenhner P.N., (1996), *Handbook of ethological methods*, 2nd Ed. Cambridge University Press.
- [27] Linch, J.W., Ziegler, T.E. y Strier K.B., (2002), "Individual and seasonal variation in fecal testosterone and cortisol levels of wild male tufted capuchin monkey (*Cebus apella nigratus*)", *Hormones and Behavior*, 41: 275-287.
- [28] Martin P. y Bateson P., (1991), *La medición del comportamiento*, Editorial Alianza. España.
- [29] Martínez Mota R., (2004), *Comparación de cortisol fecal de Monos aulladores (*Alouatta pigra*) que habitan un bosque fragmentado y uno continuo como medida para determinar estrés*, Tesis de Maestría, Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, Méjico.
- [30] Mair R., (2001), *Comportamiento animal: un enfoque evolutivo y ecológico*, Mc Graw Hill, Madrid, España.
- [31] Mendoza S.P. y Mason W.A., (1991), "Breeding readiness in squirrel monkeys: female-primed are triggered by males". *Physiology and Behavior*, 49: 471-479.
- [32] Mostl E. y Palme R., (2002), "Hormones as indicators of stress". *Domestic Animals Endocrinology*, 23: 67-74.
- [33] Neville M. K., Glander K. E., Braza F. y Rilands A.B., (1988), "The howling monkeys genus *Alouatta*", En *Ecology and behavior of Neotropical primates*, pp. 349-453, R.A Mittermeier A.B Rylands A.F Coimbra-Filho eds. Washington.
- [34] Palme P., (2005), "Measuring fecal steroids", en *Proc. of the Annals of the New York Academy of Sciences*, The New York Academy of Sciences, United States of America, vol. 1046, pp. 75-80.
- [35] Palme R.S., Rettenbacher C., Touman, S.M. El-Bahr y Mostl E., (2005), "Stress hormones in mammals and birds", en *Proc. of the*

- Annals of the New York Academy of Sciences*, The New York Academy of Sciences, United States of America, vol. 1040, pp. 162-171.
- [36] Pride R.E., (2005), "Optimal group size and seasonal stress in ring-tailed lemurs (*Lemur catta*)", *Behavioral Ecology*, 16(3): 550-560.
- [37] Rancel-Negrin A., (2003), *Niveles de cortisol fecal en Ateles geoffroy yucatanensis en diferentes tipos de hábitat de la Península de Yucatán México*, Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México.
- [38] Renard G.M., Suarez M.M., Levin G.M. y Rivarola M. A., (2005), "Sex differences in rats: effects of chronic stress on sympathetic system and anxiety", *Physiology and Behavior*, 85: 363-369.
- [39] Reslir L., Wasser S. K. y Sackett, G. P., (1987), "Measurement of excreted steroids in *Macaca nemestrina*", *American journal of primatology*, 12(1): 91-100.
- [40] Robbins M. M. y Czekala N.M., (1997), "A preliminary investigation of urinary testosterone and cortisol levels in wild male mountain gorilla", *American Journal of Primatology*, 3: 51-64.
- [41] Rumiz D., (1990), "Alouatta caraya: population density and demography in northern Argentina", *American Journal of Primatology*, 21: 279-294.
- [42] Saltzman W. Schultz-Darken N.J. Scheffler G. Wegner F.H. y Abbot G.H., (1994), "Social and reproductive influences on plasma cortisol in female marmoset monkeys", *Physiology and Behavior*, 56: 801-810.
- [43] Sapolsky R.M., (1990), "El estrés en los animales", *Investigación y Ciencia*, 162: 68-75.
- [44] Sapolsky R.M. y Share L. J., (1994), "Rank related differences in cardiovascular function among wild baboons: role of sensitivity to glucocorticoids", *American Journal of Primatology*, 32: 261- 275.
- [45] Sapolsky R.M., (2005), "The influence of social hierarchy on primate health", *Science*, 308(5722):648-652.
- [46] Singh M. Krishna B.A. y Singh M., (2006), "Dominance hierarchy and social grooming in female lion-tailed macaques (*Macaca silenus*) in the Western Ghats India", *Journal of Biosciences*, 31(3): 369-377.
- [47] Snaith T.V. y Chapman C.,(2007), "Primate group size and interpreting ecological models: do folivores really play by different rules?", *Evolutionary Anthropology*, 16: 94-106
- [48] Stavisky R.C. Adams M.R. Watson S.L. y Kaplan J.R., (2001), "Dominance, cortisol and behavior in small groups of cynomolgus monkeys (*Macaca fascicularis*)", *Hormones and Behavior*, 39: 232-238.
- [49] Sterck E. Watts H.M. David P. y van Schaik C.P., (1997), "The evolution of female social relationships in nonhuman primates", *Behavior Ecology and Sociobiology*, 41: 291-309.
- [50] Strier K. B., (2007), *Primate behavioral ecology*, Routledge.
- [51] Strier K., Ziegler T.E. y Wittwer E.J., (1999), "Seasonal and social correlates of fecal testosterone and cortisol levels in wild male muriquis (*Brachyteles arachnoides*)", *Hormones and Behavior*, 35: 125-134.
- [52] Suárez M.M., Rivarola M.A., Molina S.M., Levin G.M., Enders J. y Paglini P., (2004), "The Role of the Anterodorsal Thalamic Nuclei in the Regulation of Adrenal Medullary Function, Beta-adrenergic Cardiac Receptors and Responses in Maternally Deprived Rats under Stressful Conditions", *Stress*, 7(3):195-203.
- [53] Sussman R.W. y Garber P.A., (2007), "Cooperation and competition in primates social interactions". En *Primates in perspective*, pp. 636-651, Oxford Univ press New York.
- [54] Van Schaik, C.P., Van Noordwijk, M.A., Van Bragt, T. y Blankenstein, M.A., (1991), "A pilot study of the social correlates of levels of urinary cortisol, prolactin, and testosterone in wild long-tailed macaques (*Macaca fascicularis*)", *Primates*, 32(3):345-356.
- [55] Von der Ohe C.G. y Shervheen C., (2002), "Measuring stress in mammals using fecal glucocorticoids: opportunities and challenges", en *Proc. of the Wildlife Society Bulletin*, vol. 30, pp. 1215-1225.
- [56] Wang E. Milton K., (2003), "Intragroup social relationships of male *Alouatta palliata* in Barro Colorado island Republic of Panama", *International Journal of Primatology*, 24: 1227 - 1243.
- [57] Wasser S.K., Norton G.W. Kleindorfer S. y Rhine R.J., (2004), "Population trend alters the effects of maternal dominance rank on lifetime reproductive success in yellow baboons (*Papio cinicephalus*)", *Behavior Ecology and Sociobiology*, 56: 338- 345.
- [58] Ziegler T.E. y Wittwer E.J., (2005), "Fecal steroid research in the field and laboratory: improved methods for storage transport processing and analysis", *American Journal of Primatology*, 67 (1): 159-174.
- [59] Zunino G.E., Gonzales V., Kowalewski M.M. y Bravo S.P., (2001), "Alouatta caraya: Relations among habitat density and social organization", *Primate Report*, 61: 37-46.