



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA
PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL**

**“RELACIÓN ENTRE LA DOMINANCIA
SOCIAL Y LOS NIVELES DE CORTISOL
SANGUÍNEO EN LA CABRA DOMÉSTICA”**

TESIS

**PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS**

PRESENTA:

ORTIZ CARRERA LEOPOLDO GUADALUPE

TUTOR: DR. ALVAREZ RAMÍREZ LORENZO

**COMITÉ TUTORAL: DRA. TERRAZAS GARCÍA ANGÉLICA MARÍA
DR. ZARCO QUINTERO LUIS ALBERTO**

MÉXICO, D.F.

2008



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DECLARACIÓN

El autor da consentimiento a la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, para que la tesis este disponible para cualquier tipo de reproducción e intercambio bibliotecario.

Ortiz Carrera Leopoldo Guadalupe

DEDICATORIAS

A Alejandra Aceves Ramos:

Por hacer que esta vida valga la pena, gracias mi vida sin ti hubiera sido imposible terminar esto después de todo.

A mi mamá:

Por apoyarme y cuidarme durante todos estos años, aún en las buenas y en mis malos ratos.

A mi abuelita:

Por el inmenso apoyo, cariño y confianza durante toda mi vida gracias.

A mi hermano:

Por estar ahí, aunque no estemos viviendo juntos.

A la familia Ortiz Sánchez:

Por la beca familiar a lo largo de estos tres años, gracias a todos.

A la familia Aceves Ramos:

Por aceptarme dentro de su familia y darme apoyo como un hijo o hermano, gracias.

AGRADECIMIENTOS

A los miembros de mi Comité tutorial, el Dr Lorenzo Alvarez Ramírez, la Doctora Angélica María Terrazas García y al Doctor Luis Alberto Zarco Quintero por el apoyo brindado durante la realización del proyecto así como por las valiosas aportaciones al presente trabajo.

A los miembros de mi jurado, la Doctora Martha Romano Pardo y a la Doctora Anne Maria del Pilar Sisto Burt por el apoyo brindado en la revisión de la tesis.

Al Programa de Becas del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo becario durante la duración del trabajo (registro 1235).

Al programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica, proyecto PAPIIT IN210006.

A Clara Murcia y Susana Rojas por el apoyo brindado en las determinaciones hormonales.

A todos los que me apoyaron durante el trabajo de campo con el manejo de los animales en el CEPIPSA Miriam, Maritza, Emmanuel, Omar, Adrián y Toño, gracias por hacerlo más fácil.

ÍNDICE

DECLARACIÓN	2
DEDICATORIAS	3
AGRADECIMIENTOS	4
RESUMEN	8
SUMMARY	9
INTRODUCCIÓN	10
REVISIÓN DE LITERATURA	13
DOMINANCIA SOCIAL	13
ESTRÉS	19
<i>Indicadores de Estrés</i>	20
Fotoperíodo.	21
Hormonales.	21
Individuales.	22
Manejo.	23
Otros factores ambientales.	23
Sociales.	23
EL EJE HIPOTÁLAMO-HIPÓFISIS-ADRENAL	24
EFECTOS NEGATIVOS DEL ESTRÉS	28
OBJETIVOS	31
HIPÓTESIS	32
MATERIAL Y MÉTODOS	33
EXPERIMENTO 1. PERFIL DIARIO DE CORTISOL SANGUÍNEO EN LA CABRA DOMÉSTICA (CAPRA HIRCUS) DURANTE LA ESTACIÓN REPRODUCTIVA Y NO REPRODUCTIVA	34
<i>Análisis Estadístico</i>	37
EXPERIMENTO 2. RELACIÓN ENTRE LA DOMINANCIA SOCIAL Y LOS NIVELES DE CORTISOL SANGUÍNEO EN LA CABRA DOMÉSTICA.	38
<i>Análisis Estadístico</i>	41
RESULTADOS	42
EXPERIMENTO 1	42
EXPERIMENTO 2	43
DISCUSIÓN	45
CONCLUSIONES	55
LITERATURA CITADA	56

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Figura 1. Topeteo, conducta en la que una cabra hace contacto con su cabeza sobre cualquier parte de otra cabra	71
Figura 2. Amenazas, conducta en la que una cabra se dirige hacia otra moviendo la cabeza con clara intención de agredir.	72
Figura 3. Persecuciones, conducta en la que una cabra se mueve intencionalmente hacia otro animal provocando su huida en seguimiento de por lo menos 3 metros.	73
Figura 4. Evasiones, conducta en la que una cabra se aleja de otro individuo con o sin interacción previa entre ambos.....	74
Figura 5. Hoja de registro utilizada para la captura de las interacciones sociales.	75
Figura 6. Matriz de dominancia (etapa 1).	76
Figura 7. Matriz de dominancia (etapa 2).	77
Figura 8. Perfiles individuales de cortisol diario durante la estación reproductiva en cabras lecheras	78
Figura 9. Perfiles individuales de cortisol diario durante la estación no reproductiva en cabras lecheras.....	79
Figura 10. Perfil promedio diario de cortisol sanguíneo (media \pm ee) durante la estación reproductiva y no reproductiva de cabras lecheras.	80
Figura 11. Concentración promedio de cortisol sanguíneo (media \pm ee) en todas las muestras tomadas durante la estación reproductiva y no reproductiva en cabras lecheras estabuladas.....	81
Figura 12. Área bajo la curva diaria de cortisol sanguíneo durante la estación reproductiva y no reproductiva en cabras lecheras estabuladas	82
Figura 13. Niveles promedio de cortisol sanguíneo (media \pm ee) en horarios diurno y nocturno en la estación reproductiva (a) y no reproductiva (b)	83
Figura 14. Área bajo la curva diaria de cortisol sanguíneo durante la estación reproductiva (a) y no reproductiva (b) en cabras lecheras	84
Figura 15. Correlación entre los niveles de cortisol y el índice de éxito (etapa 1).	85
Figura 16. Correlación entre los niveles de cortisol y el índice de éxito (etapa 2).	86
Figura 17. Niveles promedio de cortisol sanguíneo (media \pm ee) en el total de cabras durante la lotificación y 40 días después.....	87
Figura 18. Niveles promedio de cortisol sanguíneo (media \pm ee) en el total de cabras de acuerdo al nivel de dominancia en ambas etapas del experimento.....	88
Figura 19. Promedio de interacciones agonistas (media \pm ee) en el total de cabras en ambas etapas del experimento de acuerdo al nivel de dominancia	89
Figura 20. Distribución promedio por día de las interacciones agonistas durante todos los días del experimento en el total de cabras	90
Figura 21. Peso promedio (media \pm ee) en el total de las cabras de acuerdo al nivel de dominancia en ambas etapas del experimento	91
Figura 22. Niveles de cortisol sanguíneo (media \pm ee) en el total de los animales de acuerdo a la edad: primera etapa y b) segunda etapa.	92

Figura 23. Interacciones agonistas (media \pm ee) en el total de los animales de acuerdo a la edad:
primera etapa y b) segunda etapa93

RESUMEN

ORTIZ CARRERA LEOPOLDO GUADALUPE. Relación entre la dominancia social y los niveles de cortisol sanguíneo en la cabra doméstica. (Tutor: Lorenzo Alvarez Ramírez. Comité tutorial: Dra. Angélica María Terrazas García y Dr. Luis Alberto Zarco Quintero).

EXPERIMENTO 1. Con el objetivo de determinar el perfil diario de cortisol sanguíneo en cabras domésticas estabuladas durante la estación reproductiva y no reproductiva, 12 cabras adultas (no gestantes, no lactantes) fueron sangradas diariamente con una frecuencia de cada hora por un total de 12 días, en horarios distintos para completar un total de dos muestras por cada hora del día. La información se evaluó considerando la estación y horarios diurnos (07:00-18:00h) y nocturnos (19:00-06:00h). Los niveles promedio de cortisol durante todo el día fueron mayores en la estación reproductiva que en la no reproductiva (28.9 ± 5.0 vs. 9.3 ± 0.9 , nmol/L respectivamente, $p=0.05$). El área bajo la curva diaria de cortisol fue mayor durante la estación reproductiva que en la no reproductiva (694.9 ± 121.7 vs 224.2 ± 22.6 , nmol/L; $p=0.05$). En la estación reproductiva, los niveles promedio de cortisol fueron mayores en el horario diurno que en el nocturno (33.1 ± 5.4 vs. 24.7 ± 5.0 ; nmol/L respectivamente, $p=0.05$). En la estación no reproductiva los valores promedio de cortisol fueron similares entre horarios diurnos y nocturnos (10.4 ± 1.0 vs. 8.2 ± 1.0 ; nmol/L respectivamente, $p=0.05$). Se concluye que en la cabra doméstica en estabulación, los niveles diarios de cortisol sanguíneo son superiores durante la estación reproductiva, probablemente debido a un efecto del estradiol. Además, en la estación reproductiva, los niveles sufren cambios significativos durante el día con mayores valores en horarios diurnos.

EXPERIMENTO 2. Se sabe que situaciones de estrés pueden afectar el comportamiento reproductivo en varias especies de rumiantes. Los niveles de estrés, medido en niveles de cortisol sanguíneo, pueden asociarse a la posición de dominancia dentro del grupo. En cabras como en la mayoría de los rumiantes, no existe información sobre el grado de estrés al que están expuestos los individuos de diferente rango social. Con el objetivo de determinar la relación entre la dominancia social y los niveles de cortisol sanguíneo en la cabra doméstica, se realizó un estudio conductual por 10 días en un grupo recién formado de 43 cabras en el que se registraron eventos agonistas (topeteos, amenazas, persecuciones y evasiones) y 40 días post lotificación para el cálculo de índices de éxito (IE) individuales; de acuerdo a su IE, las cabras se clasificaron en grupos de dominancia alta (1-0.67), media (0.66-0.34) y baja (0.33-0.0). Se obtuvo una muestra sanguínea por vía yugular para la medición de cortisol por RIA durante el mismo tiempo que el estudio conductual. El IE se correlacionó con los niveles de cortisol diario; y se compararon los niveles promedio de cortisol entre grupos de dominancia mediante análisis de varianza al momento de lotificar contra las muestras obtenidas 40 días después de establecido el grupo. En la primer etapa se encontró una correlación positiva entre los niveles de cortisol y el nivel de dominancia ($r=0.342$, $P=0.025$). En la segunda etapa la correlación no fue significativa ($r=-0.152$, $P=0.331$). No se encontró diferencia significativa entre los niveles de cortisol sanguíneo de las cabras de dominancia alta, media y baja en ninguna de las etapas del experimento. Los niveles promedio de interacciones agonistas mostraron diferencias significativas entre grupos de dominancia alta, media y baja (128.57 ± 27.91 ; 64.12 ± 4.94 y 35.72 ± 4.15 respectivamente, $p<0.05$). Se concluye que en la cabra doméstica los niveles de cortisol sanguíneo se correlacionaron con el nivel de dominancia durante el período de reagrupamiento, cuando se encontraron los valores más altos en los animales dominantes. Las interacciones agonistas y los niveles de cortisol regresaron a niveles basales 40 días después del reagrupamiento.

Palabras clave: CABRAS, CORTISOL, ESTACIÓN REPRODUCTIVA, ESTACIÓN NO REPRODUCTIVA, ESTRÉS, ÍNDICE DE ÉXITO, DOMINANCIA.

SUMMARY

EXPERIMENT 1. With the aim of determine the daily blood cortisol in the domestic goat during the breeding and non breeding season. Twelve adult and non lactating goats were used. Jugular blood samples were obtained daily from all females, with a frequency of every hour by 12 days in different schedule to complete a total of two samples by every hour of the day. The information was analyzed considering the season, diurnal (07:00-18:00h) and nocturnal (19:00-06:00h) time. The average levels of cortisol in all day was higher in the breeding season than in non breeding (28.9 ± 5.0 vs. 9.3 ± 0.9 , nmol/L respectively, $p=0.05$). The area under the cortisol daily curve was higher in the breeding season (694.9 ± 121.7) than in the no breeding season (224.2 ± 22.6 , nmol/L; $p=0.05$). In the breeding season, the average levels of cortisol was higher in the diurnal than the nocturne schedule (33.1 ± 5.4 vs. 24.7 ± 5.0 ; nmol/L respectively, $p=0.05$). In the no breeding season, the average levels of cortisol was similar between diurnal and nocturne schedules (10.4 ± 1.0 vs. 8.2 ± 1.0 ; nmol/L respectively, $p=0.05$). We conclude that in the domestic goat in intensive conditions, the daily blood cortisol profile was higher during the breeding season probably by the effect of oestradiol. During the breeding season; the levels of cortisol suffer significative changes in the day with higher levels in the diurnal schedule.

EXPERIMENT 2 The stress could affect the reproductive performance in several ruminant species. The levels of stress, measured in blood cortisol levels, can be associated to the dominance position into the group. In goats like the majority of the ruminants, don't exist information about the stress degree that are exposed on the individuals from different social rank. With the aim of determine the relation between the social dominance and the sanguineous cortisol levels in the domestic goat, one group recently formed with 43 goats was development a conductual study by 10 days, they registered agonists events (butts, threats, persecutions and evasions), after 40 days post lotification for the calculation of individual index of success; in agreement to its IS, the goats they were classified in groups of dominance: high (1-0.67), average (0.66-0.34) and low(0.33-0.0). Jugular blood samples for the cortisol measurement was obtained during the same time that the conductual sampling. The β was correlate with the daily cortisol levels by means of correlation tests; in addition, they compared the average levels of cortisol between groups of dominance by means of variance analysis, at the time of lotification against the samples obtained 40 days after established the group. In the first phase we found a positive correlation between the cortisol levels and the IS ($r=0.342$, $P=0.025$) and the second phase no significant relationship was found ($r=-0.152$, $P=0.331$). The difference was not significant in both phase of the experiment to the cortisol levels and the IS. The mean levels of agonistic interactions show significant differences between IS (128.57 ± 27.91 ; 64.12 ± 4.94 y 35.72 ± 4.15 respectively, $p < 0.05$). We conclude that in the domestic goat there is a positive correlation between the blood cortisol levels with the IS, when the dominant goats show the higher levels of cortisol in the first phase. The agonistic interactions and the blood levels of cortisol return to basal levels 40 days post lotification.

Key words: GOATS, CORTISOL, REPRODUCTIVE SEASON, NO REPRODUCTIVE SEASON, STRESS, SUCCESS INDEX, DOMINANCE.

RELACIÓN ENTRE LA DOMINANCIA SOCIAL Y LOS NIVELES DE CORTISOL SANGUÍNEO EN LA CABRA DOMÉSTICA

INTRODUCCIÓN

La cabra doméstica (*Capra hircus*) es una especie sociable que vive en grupos con estructuras jerárquicas muy fuertes y relativamente estables. En la estructura social de los grupos es posible identificar individuos claramente dominantes y subordinados (Alvarez *et al.*, 2003). La vida en grupo permite a las especies gregarias contar con ventajas, como la protección que da el rebaño, el aumento en la probabilidad de encontrar alimento y la defensa del territorio común; sin embargo, la vida en sociedad también implica desventajas, como la mayor probabilidad de contraer alguna enfermedad infecciosa y el tener que competir por recursos escasos con otros miembros del grupo (Fournier y Festa Bianchet, 1995).

La competencia por los recursos puede llevar a la agresión, y los individuos se pueden beneficiar de patrones de conducta social que les permitan evitar los costos de la conducta agonista. La dominancia social puede limitar los costos de la agresión, ya que reduce a simples amenazas algunas interacciones que de otra forma llevarían al contacto físico agresivo (Fournier y Festa Bianchet, 1995). El concepto “dominancia” se refiere al resultado de la interacción entre un par de individuos, en el que el ganador de la interacción es llamado “dominante” y el otro “subordinado”. El “rango social” o “posición jerárquica” se refiere a la posición que ocupa un individuo en la jerarquía (Côté, 2000).

Recientemente se ha encontrado que las cabras con diferente rango social difieren en su respuesta al efecto macho, ya que las hembras dominantes tardan

menos tiempo que las subordinadas en presentar estro, ovular y quedar gestantes a partir de la introducción de los machos (Alvarez *et al.*, 2003; Alvarez *et al.*, 2007). Este efecto se ha tratado de explicar como el resultado de un mayor nivel de estrés en los animales subordinados, lo que provocaría una inhibición del eje hipotálamo-hipófisis-gónada. Se sabe que la respuesta fisiológica ante situaciones de estrés es benéfica para un animal en el corto plazo, pero puede ser perjudicial si es prolongada o repetida constantemente (Friend, 1991; Wingfield y Sapolsky, 2003), por lo que resulta tentador, tratar de explicar dichos resultados con base en el nivel de estrés crónico al que podría estar expuesto cada individuo del grupo de acuerdo a su condición de dominancia. Sin embargo, algunos resultados obtenidos en otras especies no concuerdan con esta hipótesis, ya que los niveles de cortisol en animales dominantes suelen ser mayores que los de sus compañeros de menor rango social (Abbot *et al.*, 2003; Goymann *et al.*, 2003).

La elevación crónica de glucocorticoides como causa de inhibición en la secreción de hormonas sexuales y falla reproductiva en varias especies está ampliamente documentada en la literatura (Suter y Schwartz, 1985; Liptrap y Cummings, 1991; Moberg, 1991; Negro-Vilar, 1993; Viveiros y Liptrap, 1995, 1999; Schiml *et al.*, 2001; Wingfield y Sapolsky, 2003). Se sabe también que las situaciones de estrés tienden a disminuir la intensidad de la conducta de las hembras durante la proceptividad y receptividad (Carter, 1992a, 1992b). Sin embargo, dado que las acciones requeridas para mantener la dominancia pueden, por sí mismas, ser causas directas de estrés (Sapolsky y Ray, 1989; Creel *et al.*, 1992, 1996, 1997; Creel, 2001; Sands y Creel, 2004), no es necesariamente lógico

que el grado de estrés (medido a través de las concentraciones sanguíneas de cortisol) sea mayor en animales subordinados que en dominantes (Sapolsky y Ray, 1989; Abbot *et al.*, 2003; Goymann *et al.*, 2003; Sands y Creel, 2004). Así, aunque los estudios en otras especies demuestran que los niveles altos de glucocorticoides pueden asociarse tanto a rangos de dominancia alta como baja, puede ser más común encontrar niveles mayores de dichas hormonas en animales dominantes que en subordinados (Abbot *et al.*, 2003; Goymann *et al.*, 2003; Sands y Creel, 2004). La secreción de esteroides sexuales es afectada por el rango social en la mayoría de las especies sociales estudiadas a la fecha pero no de manera que soporte la hipótesis de que la inhibición reproductiva de los subordinados es mediada por glucocorticoides (Abbott *et al.*, 1998; Cavigelli *et al.*, 2003).

En cabras como en la mayoría de los rumiantes, no existe información sobre el grado de estrés al que están expuestos los individuos de diferente rango social. El posible papel del estrés mediado por las hormonas glucocorticoides sobre la respuesta de rumiantes con diferente rango social ante los estímulos sexuales (Clutton-Brock *et al.*, 1986; Alvarez *et al.*, 2003, 2007) podría esclarecerse si se cuenta con la información suficiente sobre perfiles diarios de actividad adrenal y sus correlaciones con el estatus social de los animales (Alvarez, 2004).

REVISIÓN DE LITERATURA

Dominancia social

Vivir en sociedad implica tanto costos como beneficios potenciales. Los principales costos son una mayor probabilidad de contraer enfermedades infecciosas, la necesidad de competir por alimentos o por compañeros sexuales con otros miembros del grupo y la necesidad de defender un espacio individual. Dentro de las ventajas de la vida en grupo se encuentra la protección que da el rebaño, la mayor probabilidad de encontrar alimento y la defensa del territorio común.

A la cabra se le considera como una especie sociable que vive en rebaños como la mayoría de los ungulados (Lyons *et al.*, 1993). Aún en sistemas de producción intensiva las cabras nacen en grupos y se desarrollan en un ambiente social con estructuras jerárquicas muy fuertes y relativamente estables (Alvarez, 2000; Alvarez *et al.*, 2003; Côté, 2000). En el establecimiento de la estructura social se forman grupos de individuos dominantes y subordinados claramente identificables (Alvarez, 2000; Alvarez *et al.*, 2003, Fournier *et al.*, 1995). Las cabras de montaña se encuentran organizadas en una jerarquía altamente lineal (Addison y Baker, 1982; Côté, 2000a) y estable que está relacionada con la edad (Reason y Laird, 1988).

La agresión intraespecie es una parte integral de la vida social de la cabra de montaña, presentándose en esta especie con mayor frecuencia que en otros ungulados. La agresión puede ser generada por la competencia entre individuos

los cuales pueden beneficiarse de patrones de comportamiento social que les permitan evitar el costo de dichas interacciones agresivas. Un mecanismo para ello lo representa la dominancia social (Fournier *et al.*, 1995), la cual frecuentemente limita la agresión a la emisión de amenazas, evitando el contacto físico (Holand *et al.*, 2004) y previniendo el excesivo gasto de energía que se daría en las constantes peleas por ser el animal más dominante (Reason y Laird, 1988).

El término dominancia social se define como la interacción entre dos animales, donde el ganador es llamado dominante y el perdedor subordinado (Côté, 2000); una interacción es definida como un encuentro agresivo o afiliativo entre dos individuos. El rango social se refiere a la posición que ocupa un individuo en la jerarquía (Côté, 2000a).

Los animales dominantes defienden con mayor eficiencia los recursos alimenticios (Barroso *et al.*, 2000; Wirtu *et al.*, 2004) y el territorio (Wirtu *et al.*, 2004) además de tener mayor éxito reproductivo que los animales subordinados (Abbott *et al.*, 1998; Alvarez *et al.*, 2003; Alvarez *et al.*, 2007; Clutton-Brock *et al.*, 1986; Cowlshaw y Dunbar, 1991; Côté, 2001a; Côté y Festa-Bianchet, 2001a; Pelletier y Festa-Bianchet, 2006; Sapolsky, 1982; Tamura *et al.*, 1988; Wirtu *et al.*, 2004). Los animales dominantes además están sujetos a un menor riesgo de depredación (Fournier y Festa-Bianchet, 1995), producen un mayor número de crías y de mejor calidad fenotípica (Côté, 2000, Côté y Festa-Bianchet, 2001b, 2001c), protegen mejor a sus crías (Dušek *et al.*, 2007) y tienen mayor acceso a cualquier recurso (Patón *et al.*, 1995). En cambio, los individuos subordinados

sufren un acceso restringido a recursos como el alimento, lugares de descanso, sombra y pareja sexual, además de tener una actividad general restringida (Barroso *et al.*, 2000).

La estabilidad de la posición jerárquica de las hembras a través del tiempo proporciona indicios sobre la importancia de la jerarquía social en las sociedades cooperativas. Si la jerarquía es estable durante la mayoría de la vida reproductiva de las hembras, cualquier ventaja asociada con una alta jerarquía (mayor acceso a recursos como el compañero reproductivo) incrementa los encuentros sexuales exitosos. En cambio, si la posición jerárquica cambia constantemente, las ventajas temporales obtenidas por los individuos dominantes podrían cambiarse por desventajas cuando el individuo se comporta como subordinado (Alvarez *et al.*, 2003; Alvarez *et al.*, 2007; Clutton-Brock *et al.*, 1986). Las relaciones de dominancia en los rebaños de cabras generalmente permanecen estables por un período de hasta dos años, aunque pueden variar debido a cambios como la maduración de los animales jóvenes que empiezan a buscar su posición jerárquica dentro de la sociedad, o por la introducción de individuos extraños (Addison y Baker, 1982; Matsuzawa y Shiraishi, 1992).

En varios ungulados la posición jerárquica de la hembra se incrementa con la edad (Côté, 2000b; Clutton-Brock *et al.*, 1986; Côté, 2000a; Holand *et al.*, 2004; Festa-Bianchet, 1991; Pelletier y Festa-Bianchet, 2006; Reason y Laird, 1988; Thouless y Guinness, 1986). Esta asociación entre la edad y la dominancia también se presenta en otras especies (elefantes: Archie *et al.*, 2006; ardillas:

Tamura *et al.*, 1988). Un sistema de jerarquías basada en la edad puede incrementar las oportunidades de sobrevivir para las hembras. La edad tiene un papel importante en determinar la dominancia porque las relaciones se establecen temprano en la vida, cuando hay diferencias de tamaño relacionadas con la edad que son mantenidas posteriormente (Pelletier y Festa-Bianchet, 2006). En muchos casos los animales más viejos permanecen como dominantes (ciervo cola blanca: Taillon y Côté, 2006); en el ciervo rojo se ha observado que en un grupo matrilineal las hermanas mayores son dominantes sobre las jóvenes (Clutton-Brock *et al.*, 1986). En las cabras de montaña no se ha detectado que la dominancia de un animal disminuya durante la senectud, ni siquiera durante los últimos años de vida del animal Côté (2000a). Sin embargo, en el ciervo rojo hembra se disminuye la dominancia cuando el animal pierde su vigor debido a la vejez (Holand *et al.*, 2004).

Se ha visto que los animales dominantes y de mayor edad pueden tener una cría y lograr que sobreviva con mayor frecuencia que los animales jóvenes (Côté y Festa-Bianchet, 2001a).

En cerdas se ha visto que aquellas de bajo índice de éxito en sus interacciones agonistas con otras hembras produjeron crías de menor peso que las hembras con un índice de éxito alto (Mendl *et al.*, 1992). Generalmente la posición social de las hembras no cambia durante la gestación y la lactancia, por lo que el estado reproductivo (gestación-lactancia) no afecta su éxito social (Côté, 2000a).

Las ventajas de la dominancia incluyen el mayor éxito reproductivo. En el ciervo rojo, el tiempo de vida y éxito reproductivo (medido por la producción de crías) fue superior en los animales dominantes que en los subordinados (Clutton-Brock *et al.*, 1986). Esta diferencia en el éxito reproductivo se debe a que los animales subordinados pierden más crías durante la gestación y tienen menor éxito en lograr que su progenie sobreviva hasta la vida adulta (Clutton-Brock *et al.*, 1986). En la cabra de montaña la proporción de recién nacidos machos se incrementa dramáticamente con la edad de las madres, mientras que la calidad del cuidado materno mejora con la edad y el rango materno. Esto es apropiado para la mayor proporción de machos paridos por este tipo de madres, ya que en los ungulados sexualmente dimórficos el desarrollo de los machos parece depender más de las madres que el desarrollo de las crías hembra (Côté y Festa-Bianchet, 2001b).

Al contribuir a un ambiente social predecible, la dominancia social reduce los costos y los riesgos de daño asociados con las peleas (Fournier y Festa-Bianchet, 1995). Los animales suelen evitar las peleas con aquellos individuos con los cuales saben, por experiencias previas, que perderán. Generalmente las cabras interactúan agresivamente con mayor frecuencia con individuos de rangos similares a los propios que con individuos que son distantes en la jerarquía de dominancia, por lo que generalmente se producen interacciones entre animales dominantes y animales de rango medio, así como entre los de rango medio y los subordinados; más no entre animales subordinados y los animales dominantes (Côté, 2000a). Thouless (1990) encontró en hembras de ciervo rojo que las

subordinadas prefieren evadir que enfrentar a las hembras dominantes durante la competencia por alimento, siendo este un proceso pasivo.

Tanto en la cabra doméstica (Barroso *et al.*, 2000) como en cabras de montaña (Côté, 2000b) se sabe que el animal iniciador de las interacciones agresivas gana la mayoría de los encuentros. Debido a que el alto nivel de agresividad incrementa la oportunidad de ganar un encuentro, la agresividad y la posición jerárquica están altamente correlacionadas (Cavigelli *et al.*, 2003; Creel, 2004; Erhard *et al.*, 2004; Mettler y Shivik, 2007; Stavisky *et al.*, 2001; Synnott y Fulkerson, 1984; Tölü y Savas, 2007; Weingrill *et al.*, 2004). Por esta razón en cabras los animales dominantes tienden a ser aquellos más agresivos, de mayor edad y experiencia (Festa-Bianchet, 2001; Tölü y Savas, 2007; Walton y Hosey, 1984), lo que les confiere ventajas en las peleas con los animales más jóvenes (Pelletier y Festa-Bianchet, 2006). También existe una correlación negativa entre el rango de agresión recibida y el índice de dominancia, lo cual se observa en los animales subordinados (Barroso, 2000). Sin embargo, debe destacarse que la agresión y el rango social no están siempre correlacionados, ya que dicha agresión depende del recurso peleado, principalmente cuando dicho recurso es escaso (alimento: Côté, 2000b).

Las cabras de alto rango constantemente refuerzan su estatus por medio de agresiones continuas que incluyen peleas y despliegues conductuales como amenazas, gestos y posturas de corte agresivo (Dewsbury, 1982).

La relación de dominancia-subordinación es determinada por una evaluación mutua entre dos animales, que puede ir desde un simple

reconocimiento hasta exhibiciones ritualizadas o peleas (Barroso *et al.*, 2000). Los animales ocasionalmente evitan usar sus armas en encuentros agonistas, utilizando características fenotípicas que están correlacionadas con el rango social para determinar cuando iniciar o no un encuentro agonista. Estas características individuales incluyen la edad (Barroso *et al.*, 2000; Cavigelli *et al.*, 2003; Pelletier y Festa-Bianchet, 2006), el peso (Holand *et al.*, 2004; Pelletier y Festa-Bianchet, 2006), el tamaño corporal (Barroso *et al.*, 2000; Holand *et al.*, 2004) y el tamaño de los cuernos o astas (Barroso *et al.*, 2000; Holand *et al.*, 2004). Algunas de estas características son detectadas visualmente por lo que ejercen su efecto intimidante a distancia. En cabras de montaña las características fenotípicas de un animal de alto rango parecen heredables (Côté y Festa-Bianchet, 2001b), ya que se ha visto una alta correlación entre el peso de la madre y el de la cría un mes antes de que esta sea destetada (Côté y Festa-Bianchet, 2001).

Estrés

Un estresor es cualquier elemento exógeno que al alterar la homeostasis provoca una respuesta fisiológica conocida como estrés. Existen varias definiciones de estrés, algunas de las cuales son: Cualquier estímulo real o percibido que puede amenazar la homeostasis (Rivier y Rivest, 1991); la suma de todas las respuestas físicas, emocionales o conductuales que alteran la homeostasis (Carroll y Forsberg, 2007); la incapacidad de un animal para hacer frente a su medio ambiente, situación evidenciada por la falla en alcanzar el máximo potencial genético (Dobson y Smith, 2000). En un sentido amplio, el estrés implica una amenaza a la cual el organismo se debe adaptar (Von Borell,

1995), por lo que puede referirse también a los cambios en el medio interno inducidos por la condición externa, lo que provoca la activación del eje hipotálamo-hipófisis-adrenal (HHA) de forma tal que puede ser medida por un incremento en la secreción de glucocorticoides (Creel, 2001).

Indicadores de Estrés

El ganado se encuentra expuesto a numerosos estresores ambientales y de manejo a lo largo de su vida o del ciclo de producción, dichos factores pueden afectar negativamente el bienestar del animal e inhibir la producción (Carroll y Forsberg, 2007). Metodológicamente, la respuesta endocrina al estrés puede ser medida como un incremento en los niveles de secreción de glucocorticoides (Mooring *et al.*, 2006). La medición de los niveles de cortisol permite observar la respuesta de la glándula adrenal ante situaciones de estrés, por lo que los cambios en la actividad y función del eje HHA son utilizados rutinariamente para medir el grado de bienestar en los animales de granja (Ingram *et al.*, 1999). Las concentraciones del glucocorticoide pueden ser medidas en saliva (ganado lechero: Hernández *et al.*, 2004; cabras: Greenwood y Shutt, 1992), sangre (Hernández *et al.*, 2004; Greenwood y Shutt, 1992), heces (pisones: Mooring *et al.*, 2006, ciervo de las pampas: García *et al.*, 2006) y orina (panda gigante: Powell *et al.*, 2006).

Carroll y Forsberg (2007) sugieren que en el caso del ganado los estresores pueden ser agrupados en tres categorías: *estrés psicológico*, cuando los animales son mezclados, contenidos físicamente o expuestos a ambientes nuevos o ruidos

extraños; *estrés fisiológico*, cuando hay restricción alimenticia o desórdenes glandulares; y *estrés físico*, cuando está asociado con daño y enfermedad.

Para el presente trabajo los estresores se agruparon en las siguientes categorías:

Fotoperíodo. En condiciones naturales se puede esperar una variación estacional en los niveles de cortisol; el invierno representa un período de gasto de energía y el verano es un período de recuperación de energía (Alilah-Johansson *et al.*, 2003). En algunas especies de ungulados durante los períodos de inactividad reproductiva hay crecimiento de astas y una rápida ganancia de peso asociada a un mayor nivel de las concentraciones plasmáticas de cortisol. En contraste la estación reproductiva se asocia a bajos niveles de dicha hormona (Ingram *et al.*, 1999). García *et al.* (2006) encontraron resultados similares en el venado de las Pampas ya que los niveles de cortisol durante el invierno fueron mayores que durante la primavera y el verano, de igual forma que en el ciervo rojo (Huber *et al.*, 2003). En borregas gestantes, no gestantes y lactantes no se ha encontrado relación entre la estación y los niveles de cortisol (Gomez y Lopez, 1991). En otro estudio la duración del día tuvo un gran efecto sobre la variación de los niveles de cortisol fecales, con mayores concentraciones en los meses de corta duración de la luz del día (Weingrill *et al.*, 2004).

Hormonales. Los estrógenos pueden estimular la actividad del eje HHA resultando en elevados niveles de cortisol durante los períodos cercanos a la ovulación, así como durante la preñez, cuando las concentraciones de estrógenos son relativamente elevadas (Weingrill *et al.*, 2004). Adicionalmente, Campbell *et al.*

(2003) encontraron que las concentraciones de glucocorticoides fueron mayores en hembras que en machos. En bisones machos, Mooring *et al.* (2006) encontraron que el promedio de glucocorticoides fue casi el doble durante la estación reproductiva que durante el período previo y posterior a dicha estación. En babuinos, las hembras gestantes tienen concentraciones de glucocorticoides 20% mayores que las de aquellas ciclando o lactando (Engh *et al.*, 2006).

Individuales. Existen diferencias individuales en la sensibilidad de la corteza adrenal a la ACTH. Así, en ratas del linaje Flinders línea sensible, se observaron niveles bajos de cortisol (pero no de ACTH), mientras que las ratas Wistar Kyoto mostraron elevados niveles de ACTH (pero no de cortisol) después de la separación social (Malkesman *et al.*, 2006). En babuinos, Bergman *et al.* (2005), encontraron que las causas de estrés fisiológico en las hembras es psicológica (basados en los eventos que observan donde se involucran otros individuos), mientras que las causas de estrés en los machos son de comportamiento (basados en los eventos en los que se involucran ellos mismos), lo que definitivamente afecta las concentraciones de glucocorticoides. Toerien *et al.* (1999) no encontraron diferencias en la respuesta adrenal obtenida ante desafíos con ACTH entre cabras de las razas Angora y Española, a pesar que la primera es una raza que no sobrelleva el estrés como otras razas. En cerdos, Weiler *et al.* (1998), encontraron que los animales de raza Yorkshire presentaron menores niveles de cortisol que los cerdos Meishan y los cerdos salvajes, lo que les permite un mayor potencial de crecimiento.

Manejo. Se sabe que situaciones de manejo rutinarias como el transporte (Ali *et al.*, 2006; Galicia, 2005; Kadim *et al.*, 2006; Nwe *et al.*, 1996; Roussel *et al.*, 2005), la colección de semen por electroeyaculación (Ortiz de Montellano *et al.*, 2006), el aislamiento (Hernández *et al.*, 2004; Lyons *et al.*, 2003), el ordeño en animales primerizos (Negrão y Marnet, 2003), la captura e inmovilización (Hopster *et al.*, 1999), la falta de entrenamiento previo a ciertos manejos (Fulkerson *et al.*, 1979), la forma de obtener muestras biológicas (Säkkinen *et al.*, 2004), el descorne (Morisse *et al.*, 1995), la castración (Bretschneider, 2005) y la introducción de objetos nuevos en el corral (Lyons *et al.*, 1988) provocan un aumento en la concentración de cortisol sanguíneo.

Otros factores ambientales. En especies como el panda gigante se ha observado (Powell *et al.*, 2006) que el ruido provocado por las construcciones hechas por el hombre se asocia con cambios en el comportamiento y altera la concentración de glucocorticoides de los animales expuestos a dicho ruido. En el venado de las Pampas, García *et al.* (2006) encontraron que los niveles de cortisol fueron mayores en aquellos que vivían en proximidad a los humanos en comparación con aquellos que vivían alejados de la presencia del hombre. En cerdos Jong *et al.* (2000) encontraron que los animales que vivieron en un ambiente enriquecido mostraron mayores concentraciones basales de cortisol que aquellos que vivieron en un ambiente sin enriquecimiento.

Sociales. En cerdos (Ekkel *et al.*, 1997) y cabras (Fernández *et al.*, 2007), se ha observado que al mezclar individuos desconocidos se produce un incremento en los niveles de agresión para establecer el nuevo rango social en el grupo, lo que

puede ser acompañado por un incremento en los niveles de cortisol (Bales *et al.*, 2006; Ekkel *et al.*, 1997; Ortiz y Alvarez, 2007). Por su parte Mooring *et al.* (2006) encontraron que los bisones que tienen que cuidar a sus hembras contra los avances de otros machos presentan mayores niveles de glucocorticoides que aquellos que no tienen hembras. En forma similar, Bhatnagar *et al.* (2006) encontraron que las ratas mostraron mayores respuestas adrenales cuando tuvieron que defenderse de otras ratas.

El eje hipotálamo-hipófisis-adrenal

Usualmente la presencia de un estímulo estresor activa el eje HHA y el sistema simpático-adrenal. La activación del eje HHA resulta en una elevación de las concentraciones circulantes de cortisol, mientras que la activación del eje simpático-adrenal provoca una elevación en los niveles de catecolaminas. Tanto los glucocorticoides como las catecolaminas actúan en respuesta al estrés (Tilbrook *et al.*, 2000), siendo la acción de estos dos sistemas sinérgica (Heuser y Lammers, 2003).

La estimulación del eje HHA es caracterizada por la activación de la secreción de vasopresina (VP) y de hormona liberadora de corticotropina (CRH), la cual es un neuropéptido de 41 amino ácidos (Tilbrook *et al.*, 2000). Tanto la CRH como la VP son potentes estimuladores de la secreción de la hormona adrenocorticotrópica (ACTH; Carroll y Forsberg, 2007).

La fuente principal de CRH para la regulación de la secreción de ACTH son las neuronas del núcleo paraventricular del hipotálamo, las cuales proyectan sus

axones hacia la eminencia media, donde liberan la CRH a la circulación portal hipotálamo-hipofisiaria, a través de la cual llega a la hipófisis anterior para unirse a sus receptores en los corticotropos (Tilbrook *et al.*, 2000). Al ser estimulados los corticotropos producen una variedad de péptidos derivados de la pro-opiomelanocortina, incluyendo ACTH, β -endorfina y hormona estimulante de los melanocitos.

La ACTH actúa en la corteza de la glándula adrenal, la cual está compuesta de 3 zonas; la *glomerulosa*, *fasciculata* y *reticularis*, en las zonas *fasciculata* y *reticularis* se producen andrógenos y glucocorticoides (Lowry y Moore, 2006). En roedores el principal glucocorticoide es la corticosterona y en la mayoría de los mamíferos y los humanos es el cortisol (Carroll y Forsberg, 2007).

Mediante retroalimentación negativa los glucocorticoides actúan sobre el eje HHA para regular la secreción de CRH, vasopresina y ACTH (Tilbrook *et al.*, 2000).

El sistema simpático-adrenal consta del sistema nervioso simpático y la médula adrenal; su activación provoca la liberación de noradrenalina de las terminaciones nerviosas post ganglionares al mismo tiempo que la inervación pre ganglionar de la médula adrenal estimula un incremento en la secreción de catecolaminas, principalmente adrenalina hacia la circulación.

Una vez secretados, los glucocorticoides provocan abundantes efectos en el cuerpo, entre ellos la modificación del metabolismo de carbohidratos y proteínas, la alteración de los parámetros de crecimiento, la modificación de la

función del eje reproductivo, de la función inmune y de la regulación de la respuesta al estrés (Carroll y Forsberg, 2007).

El funcionamiento óptimo del eje HHA involucra la secreción mínima de glucocorticoides en la ausencia de estrés y una vigorosa secreción en la presencia de estresores. Para regular la respuesta al estrés y facilitar la sobrevivencia del animal ante la presencia de estresores (Creel, 2005), los glucocorticoides estimulan la gluconeogénesis, incrementando las concentraciones de glucosa en sangre al estimular al hígado para degradar proteínas en sus aminoácidos constituyentes, los cuales son convertidos finalmente en glucosa para obtener energía. Por otra parte la estimulación del sistema simpático-adrenal aumenta la síntesis y secreción de catecolaminas, controlando procesos biológicos como el aumento de la frecuencia cardíaca, la dilatación pupilar, la vasodilatación a nivel muscular y la vasoconstricción en la piel y el intestino, todos los cuales son procesos esenciales durante la respuesta al estrés (Carroll y Forsberg, 2007). Al mismo tiempo, los glucocorticoides suprimen las funciones anabólicas no esenciales para la sobrevivencia como el crecimiento, la reproducción y la inflamación (Sapolsky, 1990).

Se han encontrado diversas relaciones entre la actividad del eje HHA y el estatus social en varias especies (primates: Abbott *et al.*, 2003; lobos: Sands y Creel, 2004), siendo generalmente los animales subordinados los que evidencian mayores niveles basales de glucocorticoides y mayores respuestas adrenales a estresores que los animales dominantes. También se ha encontrado que las diferencias individuales de temperamento están asociadas con diferencias en las

respuestas al eje HHA, y que los animales subordinados generalmente muestran una mayor respuesta del eje HHA (Lyons *et al.*, 1988).

Estos hallazgos han llevado a la visión de que la subordinación social es inherentemente estresante y que el estrés generado por la subordinación eleva la actividad del eje HHA. Sin embargo, las acciones para mantener la dominancia pueden por sí mismas ser causa de estrés. Diferentes estudios muestran que los niveles elevados de glucocorticoides pueden acompañar tanto a posiciones bajas (marmosetas: Abbott *et al.*, 2003; cerdas: Mendl *et al.*, 1992; babuinos: Sapolsky, 1990) como altas de dominancia (marmosetas: Abbott *et al.*, 1998 y Saltzman *et al.*, 1998; macacos japoneses machos: Barret *et al.*, 2002; Lémur de cola anillada: Cavigelli *et al.*, 2003; bisones: Mooring *et al.*, 2006; babuinos salvajes durante períodos de inestabilidad: Sapolsky, 1992), pero los niveles elevados se encuentran con más frecuencia en animales dominantes que en subordinados, particularmente en especies que viven en grupos socialmente estables (Creel, 2004).

La actividad del eje HHA se caracteriza por un patrón diario que ha sido descrito en varias especies como ovinos (Fulkerson y Tang, 1979; Lincoln *et al.*, 1982; Parraguez *et al.*, 1989), bovinos (Fulkerson *et al.*, 1980; Lefcourt *et al.*, 1993; Rico *et al.*, 1985; Thun *et al.*, 1981) y cerdos (Ekkel *et al.*, 1996; Ekkel *et al.*, 1997; Ruis *et al.*, 1997). Sin una estimulación por factores exógenos la actividad del eje HHA se asocia con elevaciones de la ACTH y cortisol en momentos determinados del día (Desir *et al.*, 1980), encontrando las concentraciones más bajas durante el descanso y ocurriendo un rápido incremento justo antes del

período de actividad en especies diurnas, en las que las concentraciones de cortisol son mayores en horarios matutinos que en los vespertinos. El patrón de secreción de cortisol se asocia con los horarios de ciertas actividades como la alimentación (Murayama y Sasaki, 1987) y el ordeño (ovejas: Negrão y Marnet, 2003). En las especies nocturnas el patrón es opuesto al de las diurnas (Morin y Dark, 1992). Parraguez *et al.* (1989) encontraron el ritmo diario se establece en corderos después de 15 días de nacimiento y en cerdos después de los 10 días de edad (Gallagher *et al.*, 2002). Conocer el patrón diario de secreción del cortisol, representa un papel importante ya que las fluctuaciones de dicha hormona deben ser consideradas al obtener valores de referencia de la misma, cuando se determine la respuesta adrenal a situaciones estresantes. El ritmo diario también debe conocerse para escoger el mejor momento (del día, noche, semana o mes) para tomar las muestras sanguíneas para la evaluación de los parámetros fisiológicos que son importantes para diagnóstico, terapia, decisiones médicas y para la interpretación más real de los resultados experimentales (Piccione y Caola, 2002).

Efectos negativos del estrés

En condiciones normales la respuesta ante situaciones de estrés es benéfica; sin embargo, si el estímulo es constante o muy repetido las hormonas liberadas durante el estrés pueden provocar una reducción de la tasa reproductiva (Carroll y Forsberg, 2007), ya que afectan en varios niveles al eje hipotálamo-hipófisis-gonadal; a nivel hipotalámico inhiben la liberación de GnRH; a nivel

hipofisiario interfieren con la liberación de gonadotropinas en respuesta al GnRH y en las gónadas alterando el efecto estimulador de las gonadotropinas sobre la secreción de esteroides sexuales (Tilbrook *et al.*, 2000; Rivier y Rivest, 1991), lo que provoca supresión reproductiva (Creel, 2005). En babuinos en su ambiente natural el estrés social sostenido induce supresión de las concentraciones de testosterona (Sapolsky, 1985), provoca crecimiento anormal (Carroll y Forsberg, 2007) y afecta la producción de leche. La liberación excesiva y sostenida de cortisol (Negrão y Marnet, 2003), empeora o induce la hipertensión, provoca resistencia a la insulina (diabetes tipo II), y puede causar ulceración del tracto gastro intestinal, anovulación, impotencia, osteoporosis e inmunosupresión (Sapolsky, 1990), por lo que puede incrementar la susceptibilidad a enfermedades (Carroll y Forsberg, 2007). Mooring *et al.* (2006) encontraron que la exposición experimental durante varias semanas a elevadas concentraciones de glucocorticoides durante la estación reproductiva produjo en toros efectos a largo plazo que potencialmente pueden acortar el número de años en los que un toro puede competir por derechos reproductivos.

Dentro de los ungulados a los cuales se les han realizado estudios conductuales sobre interacciones agonistas, se encuentran la cabra de montaña (*Oreamnos americanus*, Côté y Festa-Bianchet, 2001a), la cabra doméstica (*Capra hircus*, Alvarez *et al.*, 2003), el ciervo rojo (Clutton-Brock *et al.*, 1986), la vaca lechera (Plusquellec y Bouissou, 2001), la vaca productora de carne (Orihuela y Galina, 1997), el cerdo (Pedersen *et al.*, 2003), la oveja (Erhard *et al.*, 2004) y el bisón (Mooring *et al.*, 2006). Sin embargo, aunque en algunos de estos

trabajos se han hecho correlaciones entre el estatus social y el nivel de glucocorticoides, en la cabra doméstica no existe tal información; por lo que es necesario generar estudios acerca del efecto que tiene la dominancia social sobre los niveles de cortisol sanguíneo en dicha especie, con lo que se podrá inferir sobre el grado de estrés al que están expuestos los animales de diferente posición jerárquica, así como las consecuencias fisiológicas o etológicas de dicha posición. El presente trabajo incluye dos experimentos diseñados para avanzar en el conocimiento de la relación entre la jerarquía social y los niveles de estrés (medidos a través de las concentraciones de cortisol) en la cabra doméstica.

OBJETIVOS

Objetivo general: Caracterizar los patrones diarios y estacionales de secreción de cortisol en la cabra doméstica, y determinar la relación entre la dominancia social y los niveles de cortisol sanguíneo en la cabra doméstica.

El objetivo del primer experimento fue determinar el patrón de secreción diaria de cortisol en la cabra doméstica mantenida en estabulación, durante la estación reproductiva y no reproductiva.

El objetivo del segundo experimento fue determinar la relación entre la dominancia social y los niveles de cortisol sanguíneo en la cabra doméstica.

HIPÓTESIS

EXPERIMENTO 1

Los niveles de cortisol son mayores durante la estación reproductiva que durante la estación no reproductiva.

El patrón de secreción diaria de cortisol presenta fluctuaciones significativas a lo largo del día.

EXPERIMENTO 2

Las hembras subordinadas presentan mayores niveles de cortisol que las hembras dominantes.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los experimentos se realizaron en el Centro de Enseñanza Práctica e Investigación en Producción y Salud Animal (C.E.P.I.P.S.A.) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, localizado en el Km. 28.5 de la carretera federal México-Cuernavaca, en la delegación Tlalpan, D.F., a una altura de 2,760 msnm, a 19° 13' latitud norte y 99° 8' longitud oeste. El clima de la zona es semi frío-semi húmedo con lluvias en verano. La precipitación pluvial anual es de 800 a 1,200 mm y la temperatura promedio de 10°C. El protocolo fue aceptado por el Subcomité Institucional para el Cuidado y Uso de Animales en Experimentación (SICUAE) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM.

Dado que el estrés inherente a la toma de muestras podría alterar los resultados obtenidos, en todos los experimentos las cabras fueron sujetas a un programa de adaptación al procedimiento de muestreo durante el cual se simuló la toma de muestras. Para obtener las muestras se sujetaba suavemente a los animales para realizar la punción yugular. Las personas que realizaron dicho manejo fueron siempre las mismas. Todas las muestras sanguíneas se centrifugaron inmediatamente después de su toma para obtener el plasma, el cual fue congelado a -20°C hasta su proceso con un kit comercial para medir cortisol (Coat-A-Count, Cortisol, DPC) mediante radioinmunoanálisis en el Laboratorio de Endocrinología del Departamento de Reproducción Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

EXPERIMENTO 1. Perfil diario de cortisol sanguíneo en la cabra doméstica (*Capra hircus*) durante la estación reproductiva y no reproductiva

Durante el mes de noviembre, correspondiente a la estación reproductiva se utilizaron 12 cabras adultas, no gestantes y no lactantes de la raza Alpino Francés mantenidas en estabulación total. La alimentación de los animales consistió en avena enmelazada (08:00 horas), ensilado (11:00 horas), concentrado (14:00 horas) y alfalfa (14:30 horas) en cantidades acordes a sus requerimientos calculados según indicaciones del National Research Council (NRC, 1981). El agua se aportó a libre acceso.

Con el fin de que todas las cabras se encontraran en la misma etapa del ciclo estral se sincronizaron mediante el uso de dispositivos CIDR (Controlled Internal Drug Release; AHÍ Plastic Moulding Co; Private Bag, New Zealand) que contienen 300 mg de progesterona, los cuales se colocaron intravaginalmente por 11 días. Al momento del retiro se aplicó una dosis única de 150 UI de gonadotropina coriónica equina (eCG; Folligon; Corteel *et al.*, 1988).

Con la finalidad de conocer el momento preciso en que iniciaba el estro en cada una de las hembras, se detectó su ocurrencia mediante la utilización de un macho celador con mandil cada 8 horas desde el final del tratamiento sincronizador. El macho celador se dejó en el corral de las hembras por 15 minutos durante cada período de detección de calores; las hembras detectadas en calor eran retiradas del corral y regresadas luego de sacar al macho.

Con el objetivo de determinar los niveles de cortisol en diferentes horarios a partir del retiro del CIDR, cada día los animales se sangraron cada hora durante 4 horas consecutivas, alternando los horarios de sangrado durante un periodo de 12 días como se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Horarios de muestreo sanguíneo para la determinación de niveles de cortisol en cada uno de los días del experimento.

DÍA	HORARIO DE MUESTREO
1 y 7	11:00 A 14:00
2 y 8	15:00 A 18:00
3 y 9	19:00 A 22:00
4 y 10	23:00 A 02:00
5 y 11	03:00 A 06:00
6 y 12	07:00 A 10:00

Todo lo realizado en la estación reproductiva se repitió durante la estación no reproductiva de la especie durante el mes de abril, exceptuando el tratamiento de la sincronización estral.

Las muestras de sangre se obtuvieron mediante punción yugular utilizando tubos heparinizados (BD Vacutainer™) y agujas estériles (PrecisionGlide™, 21x38mm), en un procedimiento con una duración de 60 segundos por animal; al final se obtuvo información sobre los niveles de cortisol por un total de 48 horas (con una repetición por hora del día) para cada animal. Promediando los dos

valores de cada hora, se creó la imagen que describe los niveles de cortisol durante un periodo de 24 horas para cada una de las estaciones reproductivas.

Para caracterizar el patrón de secreción diaria, cada perfil de 24 horas se dividió en dos períodos de doce horas cada uno como sigue: horarios diurnos (07:00-18:00h) y nocturnos (19:00-06:00h).

Los niveles basales de cada animal en cada estación del año fueron calculados como el promedio de las cinco mediciones menores en todos los muestreos, exceptuando aquellas donde dicho valor fue cero. Los valores de la hormona en cada muestreo fueron sumados para calcular el área bajo la curva durante todo el experimento y durante las fases diurna y nocturna.

Análisis Estadístico

Para comparar los promedios de los dos períodos entre sí se utilizó un análisis de varianza para muestreos repetidos con el programa SAS (SAS, 1999). Además se compararon los valores obtenidos durante la estación reproductiva y la no reproductiva por medio de análisis de varianza y prueba t de Student (SAS, 1999).

EXPERIMENTO 2. Relación entre la dominancia social y los niveles de cortisol sanguíneo en la cabra doméstica.

Con el objetivo de determinar la relación entre los niveles de cortisol sanguíneo y la dominancia social en la cabra doméstica se utilizó un grupo de 43 cabras adultas (5.8 ± 0.4 años), el cual fue formado a partir de cabras que habían sido mantenidas en 3 corrales separados. Las cabras fueron pesadas 2 semanas antes de formar el grupo y posteriormente cada dos meses durante 3 ocasiones.

Posteriormente y con la finalidad de observar el comportamiento del cortisol durante y después de la formación del grupo, los animales se sometieron al siguiente esquema de trabajo.

ETAPA 1: después de formado el rebaño se realizó un estudio conductual por 5 horas continuas durante 10 días.

ETAPA 2: cuarenta días después de formado el grupo, cuando se consideró estabilizado, se repitió el estudio conductual por 5 días y por 5 horas continuas. Para que todas las cabras se encontraran en la misma etapa del ciclo estral, con el fin de evitar posibles variaciones en los niveles de cortisol asociados a la etapa del ciclo estral, las cabras se sincronizaron por 10 días mediante el uso de esponjas intravaginales (Chrono-Gest®, Intervet México) que contienen 45 mg de acetato de fluorogestona (Corteel *et al.*, 1988). Una vez retiradas las esponjas se continuó por 13 días más y 5 horas diarias el estudio conductual en el rebaño.

El estudio conductual, adaptado de Alvarez *et al.* (2003) y Barroso *et al.* (2000), se realizó con la finalidad de determinar la posición social de cada individuo. Para ello se registraron eventos agonistas, como *topeteos*: conducta en

la que una cabra hace contacto con su cabeza sobre cualquier parte de otra cabra (figura 1); *amenazas*: conducta en la que una cabra se dirige hacia otra moviendo la cabeza con clara intención de agredir (figura 2); *persecuciones*: conducta en la que una cabra se mueve intencionalmente hacia otro animal provocando su huída en seguimiento de por lo menos 3 metros (figura 3) y *evasiones*: conducta en la que una cabra se aleja de otro individuo con o sin interacción previa entre ambos (figura 4). Las mediciones mencionadas no cubren todos los comportamientos sociales posibles, sin embargo, juntas pueden proveer un índice de comportamiento agonista que puede ser usado para formular la estructura social del grupo (Addison y Baker, 1982; Alvarez *et al.*, 2003). La información fue registrada en un formato diseñado específicamente para el estudio conductual (figura 5).

Determinación de Índice de Éxito.

Con la información obtenida se calcularon los índices de éxito (IE) para cada una de las cabras en la forma siguiente (Alvarez *et al.*, 2003):

$$IE = \frac{\text{Número de cabras que es capaz de desplazar}}{\text{Número de cabras que es capaz de desplazar} + \text{Número de cabras capaces de desplazarla}}.$$

De acuerdo a su IE, las cabras se clasificaron en tres grupos de dominancia como sigue: dominancia alta, cabras con IE entre 1-0.67; dominancia media, cabras con IE entre 0.66-0.34 y dominancia baja, cabras cuyo IE se encontró entre 0.33-0.0 (Alvarez *et al.*, 2003; Barroso *et al.*, 2000); el anterior es el procedimiento más ampliamente usado en los estudios de campo para mediciones de dominancia (Poisbleau *et al.*, 2006). Con el IE se construyeron las matrices de

dominancia para cada una de las etapas del experimento (figuras 6 y 7). De forma paralela al estudio conductual se tomó una muestra sanguínea diaria por vía yugular en un horario siempre constante de entre 11:00-12:00 hrs para determinar los niveles de cortisol por RIA. Los animales fueron muestreados en el mismo horario todos los días para eliminar el posible efecto de las fluctuaciones circadianas de los valores de la hormona (Piccione y Caola, 2002). Las muestras de sangre se obtuvieron mediante punción yugular utilizando tubos heparinizados (BD Vacutainer™) y agujas estériles (PrecisionGlide™, 21x38mm).

Con la finalidad de conocer el momento preciso de inicio del estro en cada una de las hembras, se detectó su ocurrencia cada 6 horas mediante la utilización de un macho celador en los 5 días siguientes al retiro de la esponja. El macho se dejó en el corral de las hembras por 30 minutos en cada período; las hembras detectadas en calor eran retiradas del corral y registradas.

Para analizar la relación entre los niveles de cortisol y la agresión emitida de acuerdo a la edad de los animales en cada etapa del experimento, se formaron dos grupos de (n=22; 3.2±0.1 años) y (n=21; 8.6±0.3 años) respectivamente.

Análisis Estadístico

Los niveles de cortisol se correlacionaron con el IE mediante pruebas de correlación Pearson, procedimiento CORR de SAS (SAS, 1997), y se compararon entre grupos de dominancia mediante análisis de varianza con el procedimiento GLM de SAS (SAS, 1997); así como las interacciones agonistas de acuerdo al nivel de dominancia, por etapa del experimento, el peso promedio de los animales a lo largo del experimento y finalmente se compararon los niveles de cortisol y las interacciones agonistas de acuerdo a la edad de los animales. Además se compararon los niveles de cortisol de los 43 animales al momento de lotificar contra las muestras obtenidas 40 días después de establecido el grupo mediante la prueba de t para muestras relacionadas (SAS, 1997).

Resultados

Experimento 1

En las figuras 8 y 9 se muestra el perfil diario de cortisol de cada una de las cabras durante la estación reproductiva y la estación no reproductiva respectivamente. Aunque dentro de cada estación se observaron diferencias individuales entre animales, los perfiles generales fueron diferentes en cada estación. En la figura 10 se observa que los mayores niveles de cortisol se encontraron en la estación reproductiva a las 16:00 horas (50.9 nmol/L) y en la no reproductiva a las 07:00 horas (15.5 nmol/L). Los niveles más bajos de cortisol se observaron en la estación reproductiva a las 18:00 y a las 06:00 horas (21.4 y 21.4 nmol/L, respectivamente) y en la no reproductiva a las 03:00 horas (5.6 nmol/L).

Los niveles promedio de cortisol durante todo el día fueron mayores ($P < 0.05$) en la estación reproductiva que en la no reproductiva (figura 11). El área bajo la curva de cortisol diario también fue mayor ($P < 0.05$) durante la estación reproductiva que en la no reproductiva (figura 12). Los niveles basales de la hormona fueron mayores en las cabras durante la estación reproductiva que durante la no reproductiva (8.0 ± 2.3 vs. 3.8 ± 0.5 nmol/L respectivamente, $P < 0.05$)

En la estación reproductiva, los niveles promedio de cortisol fueron mayores en el horario diurno que en el nocturno ($P < 0.05$; figura 13A), mientras que en la estación no reproductiva los valores promedio de cortisol fueron similares entre horarios diurno y nocturno ($P > 0.05$; figura 13B). En ambos horarios los niveles fueron mayores en la estación reproductiva que en la no reproductiva ($P < 0.05$).

En la estación reproductiva el área bajo la curva de cortisol durante el horario diurno fue mayor que en el horario nocturno ($P < 0.05$; figura 14A), mientras que en la estación no reproductiva el área bajo la curva de cortisol fue similar entre el horario diurno y el nocturno ($P > 0.05$; figura 14B). En ambos horarios el área bajo la curva fue mayor en la estación reproductiva que en la no reproductiva

Experimento 2

En la primer etapa del experimento, durante la formación del grupo, se encontró una correlación positiva entre los niveles de cortisol y el índice de éxito ($r = 0.342$, $P = 0.025$; figura 15).

En la segunda etapa, 40 días después de formado el grupo, no se encontró correlación alguna entre los niveles de cortisol y el índice de éxito ($r = -0.152$ y $P = 0.331$; figura 16).

En el total de los animales, los niveles promedio de cortisol durante la formación del grupo mostraron valores de 56.2 ± 1.6 nmol/L, los cuales a su vez fueron significativamente mayores a aquellos encontrados 40 días después (12.3 ± 0.3 , $P < 0.05$; figura 17).

No se encontró diferencia significativa entre los niveles de cortisol sanguíneo de las cabras de dominancia alta, media y baja en ninguna de las etapas del experimento. Primer etapa (62.8 ± 9.9 ; 56.7 ± 3.7 y 50.8 ± 3.7 nmol/L respectivamente, $P > 0.41$); segunda etapa (13.4 ± 1.6 ; 10.8 ± 0.7 y 14.2 ± 1.2 nmol/L respectivamente, $P > 0.05$; figura 18).

El número promedio de interacciones agonistas emitidas durante todo el experimento fue diferente entre grupos de dominancia alta, media y baja (128.5 ± 27.9 ; 64.1 ± 4.9 y 35.7 ± 4.1 respectivamente, $P < 0.05$; figura 19).

En la figura 20 se presenta gráficamente el promedio por día de las interacciones agonistas a lo largo del experimento.

No hubo diferencia en el peso promedio a lo largo del experimento de los animales de alta y media dominancia (64.7 ± 3.2 y 61.0 ± 1.2 kgs, respectivamente, $P > 0.05$), pero ambos grupos tuvieron un peso mayor al de dominancia baja (54.6 ± 2.1 kgs, $P < 0.05$; figura 21).

En la primera etapa los niveles de cortisol sanguíneo fueron diferentes entre cabras de 8 y de 3 años de edad (62.8 ± 4.3 y 49.8 ± 3.2 nmol/L respectivamente, $P < 0.05$; figura 22A). En la segunda etapa no se encontró diferencia entre cabras de 8 y de 3 años de edad; (13.4 ± 0.9 y 11.2 ± 0.8 nmol/L respectivamente, $P < 0.05$; figura 22B).

Los niveles de agresión no mostraron diferencia significativa entre cabras de 8 y 3 años de edad en las dos etapas del experimento; etapa 1 (40.6 ± 6.5 y 38.2 ± 4.5 , $P > 0.05$; figura 23A) y etapa 2 (26.7 ± 6.4 y 29.0 ± 3.6 , $P > 0.05$; figura 23B).

Discusión

Los valores basales de cortisol encontrados en el presente estudio fueron similares a los informados por Ali *et al.* (2006), Galicia (2005), Howland *et al.* (1985) y Kannan *et al.* (2000), lo que sugiere que la metodología empleada en el presente trabajo para la determinación de la hormona fue apropiada.

Los resultados del presente estudio muestran que el perfil diario de cortisol en la cabra doméstica sufre cambios significativos durante el día, existiendo en la estación reproductiva una mayor actividad adrenal durante los horarios diurnos. Esto también se ha encontrado en especies como ciervos (Ingram *et al.*, 1999), cerdos (Koopmans *et al.*, 2005), ovejas (Fulkerson y Tang, 1979) y bovinos (Lefcourt *et al.*, 1993; Rico *et al.*, 1981). Sin embargo, durante la estación no reproductiva no se encontraron cambios significativos a lo largo del día, lo que no concuerda con los perfiles esperados.

En el presente trabajo se encontraron concentraciones de cortisol mucho más elevadas durante la estación reproductiva que durante la estación no reproductiva, lo cual probablemente es debido al efecto estimulante de los estrógenos sobre la secreción de cortisol, ya que se sabe que las concentraciones de cortisol cambian durante el ciclo ovárico, elevándose considerablemente en la fase folicular (Cartledge y Jones, 2007). Por esta razón los primates presentan mayores niveles de cortisol en la fase folicular-preovulatoria (Saltzman *et al.*, 1998), donde el cortisol parece ser necesario para la manifestación del estro (Rissman y Schiml, 1999). En bovinos los estrógenos también estimulan la

secreción de cortisol, por lo que los niveles del glucocorticoide alcanzan su pico máximo cuando las vacas están en estro (Lyimo *et al.*, 2000).

Mooring *et al.* (2006) trabajando con bisones macho obtuvieron resultados similares a los del presente trabajo, ya que encontraron que los niveles de glucocorticoides presentaron picos mayores en la estación reproductiva que en la estación no reproductiva. Nuestros resultados concuerdan con lo encontrado por Alilah-Johansson *et al.* (2003) en cabras Finnish Landrace, ya que al simular artificialmente el fotoperíodo de cada estación del año, encontraron los mayores niveles de cortisol en invierno y los niveles más bajos entre primavera y verano; y en el ciervo de las Pampas, García *et al.* (2006) encontraron resultados similares.

Los valores medios de cortisol a lo largo del día encontrados en el presente estudio fueron semejantes a los encontrado por Kokkonen *et al.* (2001) en la cabra Finnish Landrace, por Galicia (2005) en fases previas a situaciones de estrés agudo en cabras Alpino Francés y por Hydbring *et al.* (1999) en cabras lecheras.

Un hallazgo de interés en el presente trabajo es el hecho de que durante la estación reproductiva las concentraciones de cortisol se elevaron en el horario diurno, lo que no ocurrió durante la estación no reproductiva. Esto podría ser una diferencia fisiológica asociada a los ritmos circadianos del animal, ya que el origen endógeno del patrón diario de la hormona se ha probado en muchas especies animales y se acepta que es el resultado de un ritmo endógeno puesto a tiempo por factores externos como la luz ambiental y probablemente rutinas de manejo (Piccione y Caola, 2002). La diferencia entre estaciones también podría deberse a medidas de manejo que se llevan a cabo durante el día solamente durante la

estación reproductiva. En especial el recelado realizado para detectar la ocurrencia de estro en las cabras del estudio durante la estación reproductiva podría estar asociado con los incrementos de cortisol diurnos, ya que las interacciones sociales entre hembras y machos activan al eje HHA (Turner *et al.*, 1998: cerdas), lo que resulta en una secreción de cortisol de la glándula adrenal. Aunque la introducción de machos a hembras puede ser sexualmente estimulante, también puede ser estresante, particularmente si las hembras no son sexualmente receptivas (Pearce y Hughes, 1987).

Lyons *et al.* (1988) encontraron que las cabras tímidas responden con mayores incrementos en los niveles séricos de corticosteroides a los encuentros con humanos. En nuestro trabajo, al realizar la sujeción de los animales se encontraron algunas cabras más tímidas que otras. Además algunos autores han asociado los incrementos de cortisol con prácticas de manejo como el ordeño (Negrão *et al.*, 2003), la transportación (Ali *et al.*, 2006; Galicia; 2005; Nwe *et al.*, 1996), el manejo por el hombre (Saco *et al.*, 2007), los métodos y dispositivos de muestreo (Hopster *et al.*, 1999; Säkkinen *et al.*, 2004). Sin embargo, no se ha encontrado asociación entre los niveles de la hormona y la alimentación (Koopmans *et al.*, 2005). El diseño del presente estudio no permite esclarecer las causas de las elevaciones del cortisol en ciertos horarios, principalmente en los diurnos.

Los resultados del presente estudio sugieren que las cabras dominantes sufren mayor estrés que las cabras subordinadas cuando enfrentan situaciones en las que es necesario luchar para mantener la jerarquía. Así, en la primer etapa del segundo experimento se encontró una correlación positiva significativa entre los niveles de cortisol sanguíneo y el índice de éxito, con mayores niveles del corticoide en los animales dominantes durante el reagrupamiento. Sapolsky (1982, 1990, 1992) encontró resultados similares con babuinos salvajes; los machos dominantes de tal especie montan una respuesta mayor y más rápida al estrés que los animales subordinados cuando se enfrentan a un factor estresante, sea inestabilidad social o muestreo sanguíneo. En el papión sagrado Bergman *et al.* (2005) encontraron que los machos dominantes tuvieron concentraciones elevadas de glucocorticoides en períodos de inestabilidad; en vaquillas Hasegawa *et al.* (1997) encontraron que 14 días después del reagrupamiento sólo los animales dominantes mostraron un incremento significativo de las concentraciones de cortisol al ser desafiados con 200UI de ACTH.

Al encontrar una respuesta mayor y más rápida al estrés medida en niveles de cortisol sanguíneo de los animales dominantes en la primer etapa del experimento, se esperaría encontrar resultados similares a los de Sapolsky en primates (1990, 1992), donde los machos dominantes muestran concentraciones basales de cortisol bajas cuando los grupos son estables y los resultados de las relaciones de dominancia-subordinación son predecibles. También Bergman *et al.* (2005) encontraron en el papión sagrado que en períodos de estabilidad los animales subordinados mostraron niveles elevados de cortisol. Sin embargo, en la

segunda etapa del presente experimento no se encontró correlación significativa entre las concentraciones de cortisol y la jerarquía social de los animales. Los animales dominantes mostraron niveles de cortisol ligeramente menores que sus contrapartes subordinadas, pero al no ser significativa la diferencia serían necesarios más muestreos para observar la estabilidad del grupo medida en niveles de cortisol sanguíneo.

En todos los animales, los niveles promedio de cortisol durante el reagrupamiento fueron significativamente mayores que aquellos encontrados una vez que el grupo estableció sus relaciones jerárquicas. Estos resultados coinciden con lo encontrado en cerdos por Erp-van der Kooij *et al.* (2003), Coutellier *et al.* (2007) y Parrott *et al.* (1990), quienes encontraron que el reagrupamiento provoca un aumento en la secreción de cortisol. Ruis *et al.*, (2001a) encontraron que la defensa social causa incrementos significativos en la concentración de ACTH y cortisol. Dado que el cortisol es un indicador de bienestar (Mormède *et al.*, 2007), se asume que el reagrupamiento es un factor estresante en las cabras independientemente de su condición de dominancia, al provocar incrementos de 400% en los niveles del corticosteroide (Ortiz y Alvarez, 2007).

Aunque se observó una diferencia numérica importante, no se encontró diferencia estadística entre los valores de cortisol en los grupos de dominancia en ninguna de las etapas del experimento, lo que se explica porque los animales son extraños entre ellos al formar el grupo como sucedió durante el reagrupamiento. En macacos cangrejeros Stavisky *et al.* (2001) no encontraron asociación significativa entre el rango y las concentraciones basales de cortisol. Resultados

similares se encontraron en otras especies; en el lémur hembra Cavigelli *et al.* (2003); y en babuinos Weingrill *et al.* (2004). A pesar de no encontrar diferencia significativa entre los niveles de cortisol en nuestro experimento, si se observó que los animales subordinados tendían a presentar menores niveles del corticoide como lo observado por Abbott *et al.* (1998) en marmosetas.

Se han propuesto dos hipótesis para explicar respuestas adrenales diferentes a interacciones agresivas dentro del grupo. Si los animales subordinados están sujetos a estresores sociales o psicológicos (por la agresión recibida), la hipótesis del “*estrés por subordinación*” predice que los glucocorticoides estarán más elevados en dichos individuos. En cambio, si los animales dominantes son los que están más expuestos a estresores, por tener que pelear con frecuencia para defender su posición, la hipótesis del “*estrés por dominancia*” establece que sus niveles de glucocorticoides serán mayores. Así, parece que la actividad elevada del eje HHA puede ser una consecuencia de la subordinación o un costo de la dominancia (Creel, 2001; Mooring *et al.*, 2006). En nuestro estudio solamente se encontró evidencia de “*estrés por dominancia*” durante el período de establecimiento de jerarquías que ocurrió durante el reagrupamiento de animales, cuando se encontró una asociación positiva entre el índice de éxito y las concentraciones de cortisol. Sin embargo, este “*estrés por dominancia*” no se mantuvo una vez estabilizado el grupo, lo que indicaría que las cabras dominantes no sufren un estrés de importancia para mantener su jerarquía una vez que esta ha sido establecida. Por otra parte, en nuestro trabajo no se encontró evidencia de “*estrés por subordinación*” en ningún momento del estudio.

Observamos que los animales dominantes emitieron mayor agresión. En cabras, Tölü y Savas (2007), Barroso *et al.* (2000) y en borrego cimarrón Eccles y Shackleton (1986) encontraron resultados similares; además, Fournier y Festa-Bianchet (1995) encontraron que las cabras son los ungulados que interactúan más agresivamente. En otras especies como el lémur (Cavigelli *et al.*, 2003), la hembra dominante inicia la mayoría de las interacciones agonistas y el mejor predictor de los niveles elevados de cortisol es la agresión iniciada. Solano *et al.* (2004) encontraron que las vacas subordinadas reciben significativamente más agresiones que aquellas de rango medio y alto.

Durante la formación del grupo los animales mostraron una fuerte resistencia inicial para aceptarse, lo que fue evidente en la cantidad e intensidad del comportamiento agonista durante su primer encuentro. En cabras se sabe que al mezclar individuos desconocidos, se produce un incremento en los niveles de agresión para establecer el nuevo rango social en el grupo (Alley y Fordham, 1994), ya sea para encontrar la posición como miembro extraño o para mantener la posición social (Addison y Baker, 1982, Fernández *et al.*, 2007). El comportamiento agonista es a menudo propiciado por un rompimiento en el sistema social existente (Addison y Baker, 1982), en cerdos se han encontrado resultados similares (Eckel *et al.*, 1997). Conforme el estudio continuaba, los niveles elevados iniciales de cortisol y de comportamiento agonista gradualmente declinaron a niveles muy bajos después de 40 días de formado el grupo.

La matriz de dominancia es una de las más eficientes vías para clasificar a los individuos porque la clasificación toma en cuenta la identidad de cada

oponente y todas las interacciones son consideradas, además de ser un método fácil de usar en cautividad porque todos los animales están marcados (Poisbleau *et al.*, 2006).

Durante la creación de las matrices de dominancia en el presente trabajo, se encontraron muchas inconsistencias en las interacciones agresivas en la jerarquía a lo largo del experimento. Cuando un animal se aproxima por detrás, la cabra a la que se aproxima inicia un comportamiento sumiso de evasión. Cuando el iniciador y eventual ganador de la interacción es normalmente subordinado al receptor, se crean inconsistencias en el rango de dominancia. Se sugiere que tales eventos son debidos a la cantidad de animales en el corral. Aunque los mismos comportamientos son observados en situaciones naturales, los individuos probablemente en raras ocasiones son sorprendidos por otra cabra que se aproxima por detrás (Côté, 2000b).

De forma paradójica el tamaño del grupo tiene un gran impacto en el comportamiento de los animales de granja, especialmente en especies donde el tamaño natural del grupo es mayor al tamaño usado en granjas como en cabras (Côté y Festa-Bianchet). Se sabe que aumentando el tamaño del grupo se mantiene o incrementa el apoyo social, mientras incrementando la densidad media en el alojamiento se incrementa el estrés (aves y cerdos: Rodenburg y Koene, 2007). Al incrementar el tamaño de un grupo se incrementa el riesgo del comportamiento agresivo; para minimizar los problemas en grupos grandes, Rodenburg y Koene. (2007) sugieren ofrecer áreas funcionales separadas y un ambiente complejo con amplias oportunidades de expresar el comportamiento

propio de la especie, lo que reduce los disturbios entre animales, y dado que el corral donde se alojaba el rebaño experimental contaba con dichas áreas y espacio suficiente (comederos, bebederos y área de sombra) el tamaño de nuestro rebaño no pudo ser el factor desencadenante del estrés, ya que como se mencionó anteriormente el principal factor que afectó el bienestar de nuestro rebaño fue el reagrupamiento.

El peso promedio en los animales subordinados fue menor, ello se ha explicado por el hecho de que tienen un menor acceso a recursos alimenticios (Barroso *et al.*, 2000). Así, en ciervos (Holand *et al.*, 2004) y borrego cimarrón (Pelletier y Festa-Bianchet, 2006), los animales dominantes son los más pesados, lo que coincide con nuestros resultados.

Los niveles de cortisol secretados durante la primera etapa fueron mayores en animales de 8 años. Nuestros resultados coinciden con lo encontrado en humanos (Akil *et al.*, 1993; Heuser *et al.*, 1994); ganado productor de carne (Bretschneider, 2005) y babuinos salvajes (Sapolsky y Altman, 1991) donde los valores de cortisol encontrados en individuos viejos son mayores a los encontrados en individuos jóvenes, lo que se ha explicado por que al parecer no se produce la retroalimentación negativa a varios niveles del eje HHA.

Aunque no se encontró diferencia significativa en los niveles de cortisol sanguíneo en la segunda etapa, se observa numéricamente que dichos valores son mayores en los animales de 8 años a pesar de la diferencia de tiempo entre ambos muestreos.

Los niveles de interacciones agonistas emitidas no mostraron diferencias significativas entre edades en ambas etapas del experimento. Nuestros resultados coinciden con los de Holand *et al.* (2004) que encontraron que la correlación positiva entre edad y rango parece desaparecer en las hembras que empiezan a perder su vigor a los 8 años de edad. Observamos como Holand *et al.* (2004) que aquella hembra joven que se enfrenta con individuos de mayor edad que ella generalmente gana, lo que no sucede cuando se enfrenta a individuos más jóvenes como lo visto en nuestro rebaño.

Conclusiones

Los niveles diarios de cortisol sanguíneo son mayores durante la estación reproductiva que durante la estación no reproductiva en cabras lecheras estabuladas. Durante la estación reproductiva los niveles de la hormona son mayores en horarios diurnos, lo que no ocurre en la estación no reproductiva.

Los niveles de cortisol sanguíneo se correlacionaron con el nivel de dominancia durante el período de reagrupamiento de los animales, cuando se encontraron los valores más altos en los animales dominantes. Una vez estabilizado el grupo no se encontró correlación entre las concentraciones de cortisol y el nivel de dominancia de los animales. Las interacciones agonistas y los niveles de cortisol regresaron a niveles basales 40 días después del reagrupamiento.

LITERATURA CITADA

Abbott DH, Keverne EB, Bercovitch FB, Shively CA, Mendoza SP, Saltzman W, Snowdon CT, Ziegler TE, Banjevic M, Garland T Jr, Sapolsky RM. Are subordinates always stressed? A comparative analysis of rank differences in cortisol levels among primates. *Horm Behav* 2003;43:67-82.

Abbott, D; Saltzman, W; Schultz-Darken, N; Tannenbaum, P. Review: Adaptations to subordinate status in female marmoset monkeys. *Comp Biochem Phys C* 1998;119:261-274.

Addison WE, Baker E. Agonistic behavior and social organization in a herd of goats as affected by the introduction of non-members. *Appl Anim Ethol* 1982;8:527-535.

Akil, H; Haskett, RF; Young, EA; Grunhaus, L; Kotun, J; Weinberg, V; Greden, J; Watson, SJ. Multiple HPA profiles in endogenous depression: effect of age and sex on cortisol and beta-endorphin. *Biol Psychiat* 1993;33:73-85.

Ali, BH; Al-Qarawi, AA; Mousa, HM. Stress associated with road transportation in desert sheep and goats, and the effect of pretreatment with xylazine or sodium betaine. *Res Vet Sci* 2006;80:343-348.

Alila-Johansson, A; Eriksson, L; Soveri, T; Laakso, M. Serum cortisol levels in goats exhibit seasonal but not daily rhythmicity. *Chronobiol Int* 2003;20(1):65-79.

Allet, JC; Fordham, RA. Social events following the introduction of unfamiliar does to a captive feral goat (*Capra hircus* L.) herd. *Small Ruminant Res* 1994;13:103-107.

Alvarez, L. Efecto de la anosmia y la conducta social sobre la secreción de LH y ovulación de cabras anéstricas inducidas a ciclar mediante el efecto hembra (tesis de maestría). México, D.F., México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, 2000.

Alvarez, L. Efecto de la dominancia social sobre la efectividad de la inducción de actividad ovárica en cabras anéstricas mediante bioestimulación sexual con machos o con hembras en estro (tesis de doctorado). México, D.F., México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, 2004.

Alvarez, L; Martin, GB; Galindo, F; Zarco, LA. Social dominance of female goats affects their response to the male effect. *Appl Anim Behav Sci* 2003;84:119-126.

Alvarez, L; Zarco, LA; Galindo, F; Blache, D; Martin, GB. Social rank and response to the "male effect" in the Australian Cashmere goat. *Anim Reprod Sci* 2007;102(3-4):258-266.

Archie, EA; Morrison, TA; Foley, CAH; Moss, CJ; Alberts, SC. Dominance rank relationships among wild female African elephants, *Loxodonta Africana*. *Anim Behav* 2006;71:117-127.

Bales, KL; French, JA; McWilliams, J; Lake, RA; Dietz, JM. Effects of social status, age and season on androgen and cortisol levels in wild male golden lion tamarins (*Leontopithecus rosalia*). *Horm Behav* 2006;49:88-95.

Barret, GM; Shimizu, K; Bardi, M; Asaba, S; Mori, A. Endocrine correlates of rank, reproduction, and female-directed aggression in male Japanese macaques (*Macaca fuscata*) *Horm Behav* 2002;42:85-96.

Barroso FG, Alados CL, Boza J. Social hierarchy in the domestic goat: effect on food habits and production. *Appl Anim Behav Sci* 2000;69:35-53.

Bergman, TJ; Beehner, JC; Cheney, DL; Seyfarth, RM; Whitten, PL. Correlates of stress in free-ranging male chacma baboons, *Papio hamadryas ursinus*. *Anim Behav* 2005;70:703-713.

Bhatnagar, S; Vining, C; Iyer, V; Kinni, V. Changes in hypothalamic-pituitary-adrenal function, body temperature, body weight and food intake with repeated social stress exposure in rats. *J Neuroendocrinol* 2006;18(1):13-24.

Bretschneider, G. Effects of age and method of castration on performance and stress response of beef male cattle: a review. *Livest Prod Sci* 2005;97:89-100.

Campbell, T; Lin, S; DeVries, C; Lambert, K. Coping strategies in male and female rats exposed to multiple stressors. *Physiol Behav* 2003;78:495-504.

Carrol, JA; Forsberg; NE. Influence of stress and nutrition on cattle immunity. *Vet Clin Food Anim* 2007; 23:105-149.

Carter S. Neuroendocrinology of sexual behavior in the female. En: Becker J, Breedlove S, Crews D (editors). *Behavioral Endocrinology*. Cambridge: MIT Press, 1992a:71-96.

Carter S. Hormonal influences on human sexual behavior. En: Becker J, Breedlove S, Crews D (editors). *Behavioral Endocrinology*. Cambridge: MIT Press, 1992b:131-142.

Cartledge, VA; Jones, SM. Does adrenal responsiveness vary with sex and reproductive status in *Egernia whitii*, a viviparous skink?. *Gen Comp Endocr* 2007;150:132-139.

Cavigelli, SA; Dubovick, T; Levash, W; Jolly, A; Pitts, A. Female dominance status and fecal corticoids in a cooperative breeder with low reproductive skew: ring-tailed lemurs (*Lemur catta*). *Horm Behav* 2003;43:166-179.

Clutton Brock TH, Albon SD, Guinness FE. Great expectations: dominance, breeding success and offspring sex ratios in deer. *Anim Behav* 1986; 34: 460-471.

Corteel JM, Leboeuf B, Baril G. Artificial breeding of adult goats and kids induced with hormones to ovulate outside the breeding season. *Small Ruminant Res* 1988;1(1):19-35.

Côté, S. Dominance hierarchies in female mountain goats: stability, aggressiveness and determinants of rank. *Behaviour* 2000;137: 1541-1566. (a)

Côté, S. Determining social rank in ungulates: a comparison of aggressive interactions recorded at a bait site and under natural conditions. *Ethology* 2000;106:945-955. (b)

Côté, SD; Festa-Bianchet, M. Mountain goat (*Oreamnos americanus*) 49.

Côté, S; Festa-Bianchet, M. Reproductive success in female mountain goats: the influence of age and social rank. *Anim Behav* 2001;62:173-181. (a)

Côté, S; Festa-Bianchet, M. Offspring sex ratio in relation to maternal age and social rank in mountain goats (*Oreamnos americanus*) *Behav Ecol Sociobiol* 2001;49:260-265. (b)

Côté, S; Festa-Bianchet, M. Birthdate, mass and survival in mountain goat kids: effects of maternal characteristics and forage quality. *Oecologia* 2001;127:230-238. (c)

Coutellier, L; Arnould, C; Boissy, A; Orgeur, P; Prunier, A; Veissier, I; Meunier-Salaün, MC. Pig's responses to repeated social regrouping and relocation during the growing-finishing period. *Appl Anim Behav Sci* 2007;105:102-114.

Cowlishaw, G; Dunbar, RIM. Dominance rank and mating success in male primates. *Anim Behav* 1991;41:1045-1056.

Creel, S; Creel, NM; Wildt, DE; Monfort, SL. Behavioral and endocrine correlates of reproductive suppression in Serengeti dwarf mongooses. *Anim Behav* 1992;43:231-245.

Creel, S; Creel, NM; Monfort, SL. Social stress and dominance. *Nature* 1996;379:12.

Creel, S; Creel, NM; Mills, GLM; Monfort, SL. Rank and reproduction in cooperatively breeding African wild dogs: behavioral and endocrine correlates. *Behav Ecol* 1997;8:298-306.

Creel, S. Social dominance and stress hormones. *Trends Ecol Evol* 2001;16(9):491-497.

Creel, S. Dominance, aggression, and glucocorticoid levels in social carnivores. *J Mammal* 2005;86(2):255-264.

Desir D, Van Cauter E, Golstein J, Fang VS, Leclercq R, Refetoff S, Copinschi G. Circadian and ultradian variations of ACTH and cortisol secretion. *Horm Res* 1980;13:302-316.

Dewsbury, DA. Dominance rank, copulatory behavior, and differential reproduction. *Q Rev Biol* 1982;57(2):135-159.

Dobson, H; Smith, RF. What is stress, and how does it affect reproduction?. *Anim Reprod Sci* 2000;60-61:743-752.

Dušek, A; Bartoš, L; Švecová, L. The effect of a mother's rank on her offspring's pre-weaning rank in farmed red deer. *Appl Anim Behav Sci* 2007;103:146-155.

Eccles, TR; Shackleton, DM. Correlates and consequences of social status in female bighorn sheep. *Anim Behav* 1986;34:1392-1401.

Ekkel ED, Dieleman SJ, Schouten WGP, Portela A, Cornélissen G, Tielen MJM, Halberg F. The circadian rhythm of cortisol in the saliva of young pigs. *Physiol Behav* 1996;60:985-989.

Ekkel, D; Savenije, B; Schouten, W; Wiegant, V; Tielen, M. The effects of mixing on behavior and circadian parameters of salivary cortisol in pigs. *Physiol Behav* 1997;62(1):181-184.

Engh, AL; Beehner, JC; Bergman, TJ; Whitten, PL; Hoffmeier, RR; Seyfarth, RM; Cheney, DL. Female hierarchy instability, male immigration and infanticide increase glucocorticoid levels in female chacma baboons. *Anim Behav* 2006;71:1227-1237.

Erhard, HW; Fàbrega, E; Stanworth, G; Elston, DA. Assessing dominance in sheep in a competitive situation: level of motivation and test duration. *Appl Anim Behav Sci* 2004;85:277-292.

Erp-van der Kooij, E; Kuijpers, AH; Van Eerdenburg, FJCM; Dieleman, SJ; Blankenstein, DM; Tielen, MJM. Individual behavioural characteristics in pigs-influences of group composition but no differences in cortisol responses. *Physiol Behav* 2003;78:479-488.

Fernández MA, Alvarez RL, Zarco L. Regrouping in lactating goats increases aggression and decreases milk production. *Small Ruminant Res* 2007;70:228-232.

Festa-Bianchet, M. The social system of bighorn sheep: grouping patterns, kinship and female dominance rank. *Anim Behav* 1991;42:71-82.

Friend TH. Symposium: response of animals to stress. Behavioral aspects of stress. *J Dairy Sci* 1991;74:292-303.

Fournier, F; Festa-Bianchet, M. Social dominance in adult female mountain goats. *Anim Behav* 1995; 49, 1449-1459.

Fulkerson, W; Tang, B. Ultradian and circadian rhythms in the plasma concentration of cortisol in sheep. *J Endocrinol* 1979;81:135-141.

Fulkerson, WJ; Sawyer, GJ; Gow, CB. Investigations of ultradian and circadian rhythms in the concentration of cortisol and prolactin in the plasma of dairy cattle. *Aust J Biol Sci* 1980;33:557-561.

Galicia, LL. Efecto del transporte por tres horas sobre la secreción de cortisol, LH y la presencia de estro y ovulación en cabras con ciclo sincronizado (tesis de licenciatura). Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2005.

García, RJ; Barbanti, JM; Negrão, JA. Effects of environmental conditions, human activity, reproduction, antler cycle and grouping on fecal glucocorticoids of free-ranging Pampas deer stags (*Ozotoceros bezoarticus bezoarticus*). *Horm Behav* 2006;49:114-122.

Gallagher NL, Giles LR, Wynn PC. The development of a circadian pattern of salivary cortisol secretion in the neonatal piglet. *Biol Neonate* 2002;81:113-118.

Gomez, A; Lopez, A. Effect of season on plasma concentrations of prolactin and cortisol in pregnant, non-pregnant and lactating ewes. *Anim Reprod Sci* 1991;26:251-268.

Goymann W, East ML, Wachter B, Höner OP, Möstl E, Hofer H. Social status does not predict corticosteroid levels in postdispersal male spotted hyenas. *Horm Behav* 2003;43:474-479.

Greenwood, PL; Shutt, DA. Salivary and plasma cortisol as an index of stress in goats. *Aust Vet J* 1992;69:161-163.

Hasegawa, N; Nishiwaki, A; Sugawara, K; Ito, I. The effects of social exchange between two groups of lactating primiparous heifers on milk production, dominance order, behavior and adrenocortical response. *Appl Anim Behav Sci* 1997;51:15-27.

Hernández, C; Svennersten-Sjaunja, K; Berg, C; Orihuela, A; Lidfors, L. Paper II: Plasma and salivary cortisol response to stress in dairy cattle. (tesis de maestría). Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Swedish University of Agricultural Sciences, Skara, 2004.

Heuser, IJ; Gotthardt, U; Schweiger, U; Schmider, J; Lammers, CH; Dettling, M; Holsboer, F. Age-associated changes of Pituitary-Adrenocortical Hormone regulation in humans: Importance of gender. *Neurobiol Aging* 1994;15(2):227-231.

Heuser, I; Lammers, CH, Stress and the brain. *Neurobiol Aging* 2003;24:S69-S76.
Holand, O; Gjostein, H; Losvar, A; Kumpula, J; Smith, ME; Roed, H; Nieminen, M; Weladji, RB. Social rank in female reindeer (*Rangifer tarandus*): effects of body mass, antler size and age. *J. Zool* 2004;263:365-372.

Hopster, H; Van der Werf, J; Erkens, J; Blokhuis, H. Effects of repeated jugular puncture on plasma cortisol concentrations in Loose-Housed Dairy Cows. *J Anim Sci* 1999;77:708-714.

Howland, BE; Sanford, LM; Palmer, WM. Changes in serum levels of LH, FSH, prolactin, testosterone, and cortisol associated with season and mating in male Pygmy goats. *J Androl* 1985;6:89-96.

Huber, S; Palme, R; Arnold, W. Effects of season, sex, and sample collection on concentrations of fecal cortisol metabolites in red deer (*Cervus elaphus*). *Gen Comp Endocr* 2003;130:48-54.

Hydbring, E; Madej, A; MacDonald, E; Drugge-Boholm, G; Berglund, B; Olsson, K. Hormonal changes during parturition in heifers and goats are related to the phases and severity of labour. *J Endocrinol* 1999;160:75-85.

Ingram, JR; Crockford, JN; Matthews, LR. Ultradian, circadian and seasonal rhythms in cortisol secretion and adrenal responsiveness to ACTH and yarding in unrestrained red deer (*Cervus elaphus*) stags. *J Endocrinol* 1999;162:289-300.

Jong, IC; PELLE, IT; Van de Burgwal, JA; Lambooij, E; Korte, SM; Blokhuis, HJ, Koolhaas, JM. Effects of environmental enrichment on behavioral responses to novelty, learning, and memory, and the circadian rhythm in cortisol in growing pigs. *Physiol Behav* 2000;68:571-578.

Kadim, IT; Mahgoub, O; Al-Kindi, A; Al-Marzooqi, W; Al-Saqri, NM. Effects of transportation at high ambient temperatures on physiological responses, carcass and meta quality characteristics of three breeds of Omani goats. *Meat Sci* 2006;73:626-634.

Kannan, G; Terrill, TH; Kouakou, B; Gazal, OS; Gelaye, S; Amoah, EA; Samake, S. Transportation of goats: effects on physiological stress responses and live weight loss. *J Anim Sci* 2000;78(6):1450-1457.

Kokkonen, UM; Riskilä, P; Roihankorpi, MT; Soveri, T. Circadian variation of plasma atrial natriuretic peptide, cortisol and fluid balance in the goat. *Acta Physiol Scand* 2001;171:1-8.

Koopmans, SJ; Van der Meulen, J; Dekker, R; Corbijn, H; Mroz, Z. Diurnal rhythms in plasma cortisol, insulin, glucose, lactate and urea in pigs fed identical meals as 12-hourly intervals. *Physiol Behav* 2005;84:497-503.

Lefcourt, AM; Bitman, J; Kahl, S; Wood, DL. Circadian and ultradian rhythms of peripheral cortisol concentrations in lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 1993;76:2607-2612.

Lincoln GA, Almeida OFZ, Klandorf H, Cunningham RA. Hourly fluctuations in the blood levels of melatonin, prolactin, luteinizing hormone, follicle-stimulating hormone, testosterone, tri-iodothyronine, thyroxine and cortisol in rams under artificial photoperiods and the effects of cranial sympathectomy. *J Endocrinol* 1982;92:237-250.

Liptrap RM, Cummings E. Steroid concentrations in follicular fluid of sows treated with dexamethasone. *Anim Reprod Sci* 1991;26:303-310.

Lowry, CA; Moore, FL. Regulation of behavioral responses by corticotropin-releasing factor. *Gen Comp Endocr* 2006;146:19.27.

Lyimo, ZC; Nielen, M; Ouweltjes, W; Keuip, TAM; Van Eerdenburg, FJCM. Relationship among estradiol, cortisol and intensity of oestrus behavior in dairy cattle. *Theriogenology* 2000;53:1783-1795.

Lyons, D; Price, E; Moberg, G. Individual differences in temperament of domestic dairy goats: constancy and change. *Anim Behav* 1988;36:1323-1333.

Lyons, D; Price, E; Moberg, G. Social grouping tendencies and separation-Induced Distress in juvenile sheep and goats. *Dev Psychobiol* 1993;26(5):251-259.

Malkesman, O; Maayan, R; Weizman, A; Weller, A. Aggressive behavior and HPA axis hormones after social isolation in adult rats of two different genetic animal models for depression. *Behav Brain Res* 2006;175:408-414.

Matsuzawa Y, Shiraishi T. Relationship between aggressive behaviour and social dominance in a small herd of goats. *Anim Sci Technol (Jpn.)* 1992;63(5):503-513.

Mendl, M; Zanella, AJ; Broom, DM. Physiological and reproductive correlates of behavioural strategies in female domestic pigs. *Anim Behav* 1992;44:1107-1121.

Mettler, AE; Shivik, JA. Dominance and neophobia in coyote (*Canis latrans*) breeding pairs. *Appl Anim Behav Sci* 2007;102:85-94.

Moberg GP. How behavioral stress disrupts the endocrine control of reproduction in domestic animals. *J Dairy Sci* 1991;74:304-311.

Mooring, MS; Patton, ML; Lance, VA; Hall, BM; Schaad, EW; Fetter, GA; Fortin, SS; McPeak, KM. Glucocorticoids of bison bulls in relation to social status. *Horm Behav* 2006;49:369-375.

Morin LP, Dark J. Hormones and biological rhythms. En: Becker JB, Breedlove SM, Crews D, (Editores). *Behavioural Endocrinology*. MIT Press, London 1992, 473-566.

Morisse, JP; Cotte, JP; Huonnic, D. Effect of dehorning on behaviour and plasma cortisol responses in young calves. *Appl Anim Behav Sci* 1995;43:239-247.

Mormède, P; Andanson, S; Aupérin, B; Beerda, B; Guémené, D; Malmkvist, J; Manteca, X; Manteuffel, G; Prunet, P; Van Reenen, CG; Richard, S; Veissier, I. Exploration of the hypothalamic-pituitary-adrenal function as a tool to evaluate animal welfare. *Physiol Behav* 2007;92:317-339.

Murayama S, Sasaki Y. Circadian variation in the blood cortisol level formed by feeding sheep. *Jpn J Zootech Sci* 1987;58:333-340.

National Research Council. Nutrient requirements of goats: angora, dairy and meat goats in temperate and tropical countries. National Academy Press, Washington, D.C. 1981.

Negrão, JA; Marnet, PG. Cortisol, adrenalin, noradrenalin and oxytocin release and milk yield during first milkings in primiparous ewes. *Small Ruminant Res* 2003;47:69-75.

Negro-Vilar, A. Stress and other environmental factors affecting fertility in men and women: overview. *Environ Health Persp* 1993;101:59-64.

Nwe, TM; Hori, E; Manda, M; Watanabe, S. Significance of catecholamines and cortisol levels in blood during transportation stress in goats. *Small Ruminant Res* 1996;20:129-135.

Orihuela, A; Galina, C. Social order measured in pasture and pen conditions and its relationship to sexual behavior in Brahman (*Bos indicus*) cows. *Appl Anim Behav Sci* 1997;52:3-11.

Ortiz de Montellano, M; Galindo, F; Cavazos, EO; Aguayo, AM; Torres, JFJ; Orihuela, A. Effect of electro-ejaculation on the serum cortisol response of Criollo goats (*Capra hircus*). *Small Ruminant Res* 2006.

Ortiz, L; Alvarez, L. Regrouping in domestic goats: it's effects on blood cortisol levels. Proceedings of the 41st International Congress of the ISAE. Applying ethology to animal and ecosystem management. Mérida, Yucatán, México, July 30th-August 3rd, 2007, p 225.

Parraguez, VH; Vergara, M; Riquelme, R; Raimann, R; Llanos, AJ; Serón-Ferré, M. Ontogeny of the circadian rhythm of cortisol in sheep. *Biol Reprod* 1989;40:1137-1143.

Parrot, RF; Misson, BH; Baldwin, BA. Salivary cortisol in pigs after adrenocorticotrophin, food and water deprivation, handling, transport simulation and mixing. *Appl Anim Behav Sci* 1990;26(3):291.

Patón, D; Martín, L; Cereijo, M; Rota, A; Rojas, A; Tovar, J. Relationship between rank order and productive parameters in Verata goats during milking. *Anim Sci* 1995;61:545-551.

Pearce, GP; Hughes, PE. The influence of male contact on plasma cortisol concentrations in the prepubertal gilt. *J Reprod Fertil* 1987;80:417-424.

Pedersen, LJ; Heiskanen, T; Damm, BI. Sexual motivation in relation to social rank in pair-housed sows. *Anim Reprod Sci* 2003;75:39-53.

Pelletier, F; Festa-Bianchet, M. Sexual selection and social rank in bighorn rams. *Anim Behav* 2006;71:649-655.

Piccione, G.; Caola, G. Biological Rhythm in Livestock, Review. *J Vet Sci* 2002;3(3):145-157.

Plusquellec, P; Bouissou, M. Behavioural characteristics of two dairy breeds of cows selected (Hérens) or not (Brune des Alpes) for fighting and dominance ability. *Appl Anim Behav Sci* 2001;74:1-21.

Poisbleau, M; Jenouvrier, S; Fritz, H. Assessing the reliability of dominance scores for assigning individual ranks in a hierarchy. *Anim Behav* 2006;72:835-842.

Powell, DM; Carlstead, K; Tarou, LR; Brown, JL; Monfort, SL. Effects of construction noise on behavior and cortisol levels in a pair of captive giant pandas (*Ailuropoda melanoleuca*). *Zoo Biol* 2006;25:391-408.

Reason, R; Laird, E. Determinants of dominance in captive female addax (*Addax nasomaculatus*). *J Mammal* 1988;69(2):375-377.

Rico, T; Ernst, E; Konrad, Z; Thomas, L; Whilhelm, V. Twenty-Four-Hour Secretory Pattern of Cortisol in the Bull: Evidence of episodic Secretion and Circadian Rhythm. *Endocrinology* 1981;81:2208-2212.

Rico, T; Eggenberger, E; Zerobin, K. Twenty-four-hour secretory patterns of cortisol, progesterone and estradiol in heifers during the follicular and luteal phases of the ovarian cycle. *Anim Reprod Sci* 1985;9:341-356.

Rivier, C; Rivest, S. Review. Effect of stress on the activity of the Hypothalamic-Pituitary-Gonadal axis: peripheral and central mechanisms. *Biol Reprod* 1991;45:523-532.

Rodenburg, TB; Koene, P. The impact of group size on damaging behaviours, aggression, fear and stress in farm animals. *Appl Anim Behav Sci* 2007;103:205-214.

Roussel, S; Boissy, A; Montigny, D; Hemsworth, PH; Duvaux-Ponter, C. Gender-specific effects of prenatal stress on emotional reactivity and stress physiology of goat kids. *Horm Behav* 2005;47:256-266.

Ruis, MAW; De Groot, J; Te Brake, JHA; Ekkel, ED; Van de Burgwal, JA; Erkens, JHF; Engel, B; Buist, WG; Blokhuis, HJ; Koolhaas, JM. Behavioural and physiological consequences of acute social defeat in growing gilts: effects of the social environment. *Appl Anim Behav Sci* 2001;70:201-225. (a)

Ruis, M; Joop, H; Brake, T; Engel, B; Ekkel, E; Buist, W; Blokhuis, J; Koolhaas, J. The circadian Rhythm of salivary cortisol in Growing Pigs: Effects of age, gender and stress. *Physiol Behav* 1997;62(3):623-630. (b)

Saco, Y; Fina, M; Giménez, M; Pato, R; Piedrafita, J; Bassols, A. Evaluation of serum cortisol, metabolic parameters, acute phase proteins and faecal corticosterone as indicators of stress in cows. *The Vet J* 2007: In Press.

Säkkinen, H; Tornberg, J; Goddard, PJ; Eloranta, E; Ropstad, E. Saarela, S. The effect of blood sampling method on indicators of physiological stress in reindeer (*Ranfiger tarandus tarandus*). *Domest Anim Endocrin* 2004;26:87-98.

Saltzman, W; Schultz-Darken, NJ; Wegner, FH; Wittwer, DJ; Abbott, DH. Suppression of cortisol levels in subordinate female marmosets: reproductive and social contributions. *Horm Behav* 1998;33:58-74.

Sands, J; Creel, S: Social dominance, aggression and faecal glucocorticoids levels in a wild population of wolves (*Canis lupus*). *Anim Behav* 2004;67:389-396.

Sapolsky, R. The endocrine stress-response and social status in the wild baboon. *Horm Behav* 1982;16:279-292.

Sapolsky, R. Stress-induced suppression of testicular function in the wild baboon: role of glucocorticoids. *Endocrinology* 1985;116(6):2273-2278.

Sapolsky, R: Adrenocortical function, social rank, and personality among wild baboons. *Biol Psychiat* 1990;28:862-878.

Sapolsky, RM. Cortisol concentrations and the social significance of rank instability among wild baboons. *Psychoneuroendocrinology* 1992;17(6):701-709.

Sapolsky RM, Ray JC. Styles of dominance and their endocrine correlates among wild Olive Baboons (*Papio anubis*). *Am J Primatol* 1989;18:1-13.

Sapolsky, RM; Altmann, J. Incidence of hypercortisolism and dexamethasone resistance increases with age among wild baboons. *Biol Psychiat* 1991;30:1008-1016.

SAS. Users' guide Statistics. SAS Institute Inc., Cary NC., USA, 1999.

Schimpl, PA; Rissman, EF. Cortisol facilitates induction of sexual behavior in the female musk shrew (*Suncus murinus*). *Behav Neurosci* 1999;113:166-175.

Schimpl, PA; Temple, JL; Rissman, EF. Glucocorticoids affect gonadotropin-releasing hormone immunoreactivity in musk shrew brain. *Gen Comp Endocr* 2001;123:163-169.

Solano, J; Galindo, F; Orihuela, A; Galina, CS. The effect of social rank on the physiological response during repeated stressful handling in Zebu cattle (*Bos indicus*). *Physiol Behav* 2004;82:679-683.

Stavisky, RC; Adams, MR; Watson, SL; Kaplan, JR. Dominance, cortisol, and behavior in small groups of female *Cynomolgus* monkeys (*Macaca fascicularis*). *Horm Behav* 2001;39:232-238.

Suter D, Schwartz N. Effects of glucocorticoids on secretion of luteinizing hormone and follicle-stimulating hormone by female rat pituitary cells in vitro. *Endocrinology* 1985;117:849-854.

Synnott, A; Fulkerson ,W. Influence of social interaction between rams on their serving capacity. *Appl Anim Ethol* 1984;11:283-289.

Taillon, J; Côté, S. The role of previous social encounters and body mass in determining social rank: an experiment with white-tailed deer. *Anim Behav* 2006; 72(5):1103-1110.

Tamura, N; Hayashi, F; Miyashita; K. Dominance hierarchy and mating behavior of the formosan squirrel *Callosciurus Erythraeus thaiwanensis*. *J Mammal* 1988;69(2):320-331.

Thouless, CR. Feeding competition between grazing red deer hinds. *Anim Behav* 1990;40:105-111.

Thouless, CR; Guinness, FE. Conflict between red deer hinds: the winner always wins. *Anim Behav* 1986;34:1166-1171.

Tilbrook, AJ; Turner, AI; Clarke, IJ. Effects of stress on reproduction in non-rodent mammals: the role of glucocorticoids and sex differences. *Rev Reprod* 2000;5:105-113.

Toerien, CA; Puchala, R; McCann, JP; Saúl, T; Goetsch, AL. Adrenocortical response to ACTH in Angora and Spanish goat wethers. *J Anim Sci* 1999;77:1558-1564.

Tölü, C; Savas, T. A brief report on intra-species aggressive biting in a goat herd. *Appl Anim Behav Sci* 2007;102:124-129.

Turner, AI; Hemsworth, PH; Hughes, PE; Canny, BJ; Tilbrook, AJ. The effect of repeated boar exposure on cortisol secretion and reproduction in gilts. *Anim Reprod Sci* 1998;51:143-154.

Viveiros MM, Liptrap RM. Altered ovarian follicle function in ACTH-treated gilts. *Anim Reprod Sci* 1995;40:107-119.

Viveiros MM, Liptrap RM. Glucocorticoid influence on porcine granulosa cell IGF-I and steroid hormone production in vitro. *Theriogenology* 1999;51:1027-1043.

Von Borell, E. Neuroendocrine integration of stress and significance of stress for the performance of farm animals. *Appl Anim Behav Sci* 1995;44:219-227.

Walton, RA; Hosey, GR. Observations on social interactions in captive Père David's deer (*Elaphurus Davidianus*). *Appl Anim Ethol* 1984;11:211-215.

Weiler, U; Claus, R; Schnoebelen-Combes, S; Louveau, I. Influence of age and genotype on endocrine parameters and growth performance: a comparative study in wild boars, meishan and large white boars. *Livest Prod Sci* 1998;54:21-31.

Weingrill, T; Gray, DA; Barrett, L; Henzi, SP. Fecal cortisol levels in free-ranging female chacma baboons: relationship to dominance, reproductive state and environmental factors. *Horm Behav* 2004;45:259-269.

Wingfield JC, Sapolsky RM. Reproduction and resistance to stress: when and how. *J Neuroendocrinol* 2003;15:711-724.

Wirtu, G; Pope, CE; Vaccaro, J; Sarrat, E; Cole, A; Godke, RA; Dresser, BL. Dominance hierarchy in a herd of female eland antelope (*Taurotragus oryx*) in captivity. *Zoo Biol* 2004;23:323-333.



FIGURA 1. Topeteo, conducta en la que una cabra hace contacto con su cabeza sobre cualquier parte de otra cabra.



FIGURA 2. Amenazas, conducta en la que una cabra se dirige hacia otra moviendo la cabeza con clara intención de agredir.



FIGURA 3. Persecuciones, conducta en la que una cabra se mueve intencionalmente hacia otro animal provocando su huida en seguimiento de por lo menos 3 metros.



FIGURA 4. Evasiones, conducta en la que una cabra se aleja de otro individuo con o sin interacción previa entre ambos.

	G	A	N	A	D	O	R	E	S		R	B	Z	J	F	r	Y	⊕	Δ	α	V	U	N	Q	I	G	3	K	g	A	b	4	☉	Ω	L	S	T	D	d	X	7	P	W	E							
π	1										1																																								
9		1									1															1																									
λ	3		1														1	2																																	
Ψ	3	1	1	1																2																															
SU	1			1	1						1				1	2	3								5	1														1			2				1				
8	1	1											6																																						
+	7										1	8			1										1	1																									
h	3	3	7	1							1	1													2	1																									
Σ	4										2																																								
R	14	4	8	6							1															1																							4		
B	4	3		4	1						5																																								
Z	2	2	1	1	1						1	3	1	1	4											1	1	2																							
J	3		1	1	4						4	2			4	1											3																								
F	3										1	1	1	1	1											1	1																								
r	1	1			1						2	2	2	1	1											1																									
Y	3				1						2	2	2	1	2											1																									
⊕	2	1									2																																								
Δ	5	1									1	1																																							
α	4	3									5	2																																							
V	6	2									2	1	1	2	1																																				
U	3	1	1		2						1	1	3																																						
N	3	1	1								1	1	6	4																																					
Q	10	5	2	1							6	2		6	3	2	9	1	2																																
I	2		3		2	8						4	1																																						
G	3		2	1								1	3	2																																					
3	5				5						1	1	4	2																																					
K	1	1		2	3							2																																							
g	3		1	1	2	1					1	1	1	1	3	4																																			
A	3	5	3								1	2	6	5	2	3	3	2	1	3	2																														
b	3		3		6						1	2	1	5	1	3	1	1	3	3																															
4	4			1							1	1																																							
☉	4		1		1						2	1	1	2	3																																				
Ω	3		2	1		5	3					3	1	4	6	1	1	1																																	
P	L	2		1		2							1	1	3																																				
S	7	9	2	2	2						5	6	3	7	2	2	10	1	1	2																															
R	T	3				2						1	4		1	6	2	1																																	
D	D	3	1	9	1	4	6	3	6	1	6	1	3																																						
E	d	5				4					3	2																																							
D	X	7	1	1	1	3						4	4	3	2	1	2	1	2	3																															
O	7	3									1	2	1	2	3	2	2																																		
R	P	4				2					1		1	3	5	1	3																																		
E	W	4	4	1	2	24					3	8	1	10	4	5	3																																		
S	E	2		1	2	6	1				2	2		1		2	2																																		

FIGURA 6. Matriz de dominancia (Etapa 1).

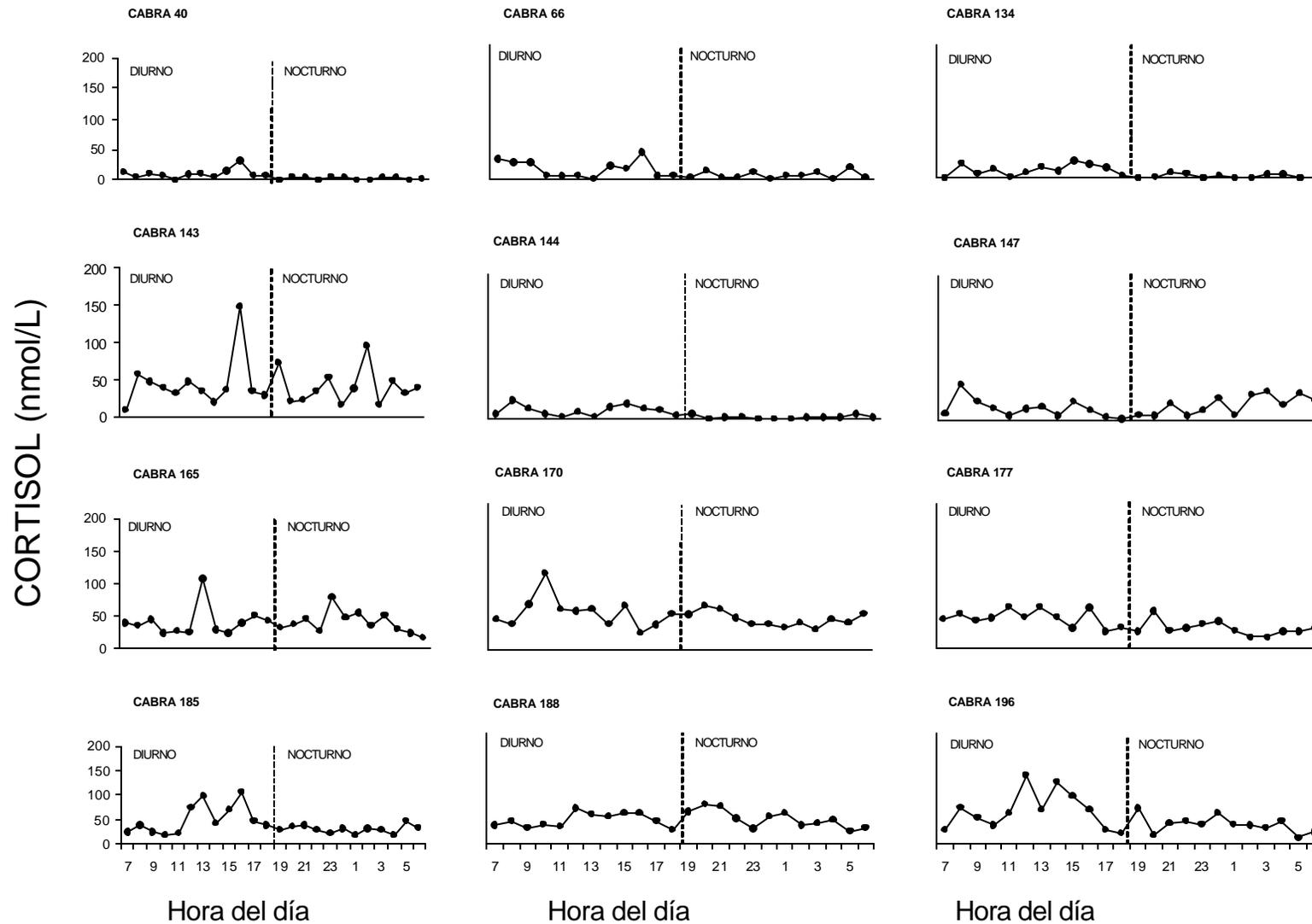


FIGURA 8. Perfiles individuales de cortisol diario durante la estación reproductiva en cabras lecheras.

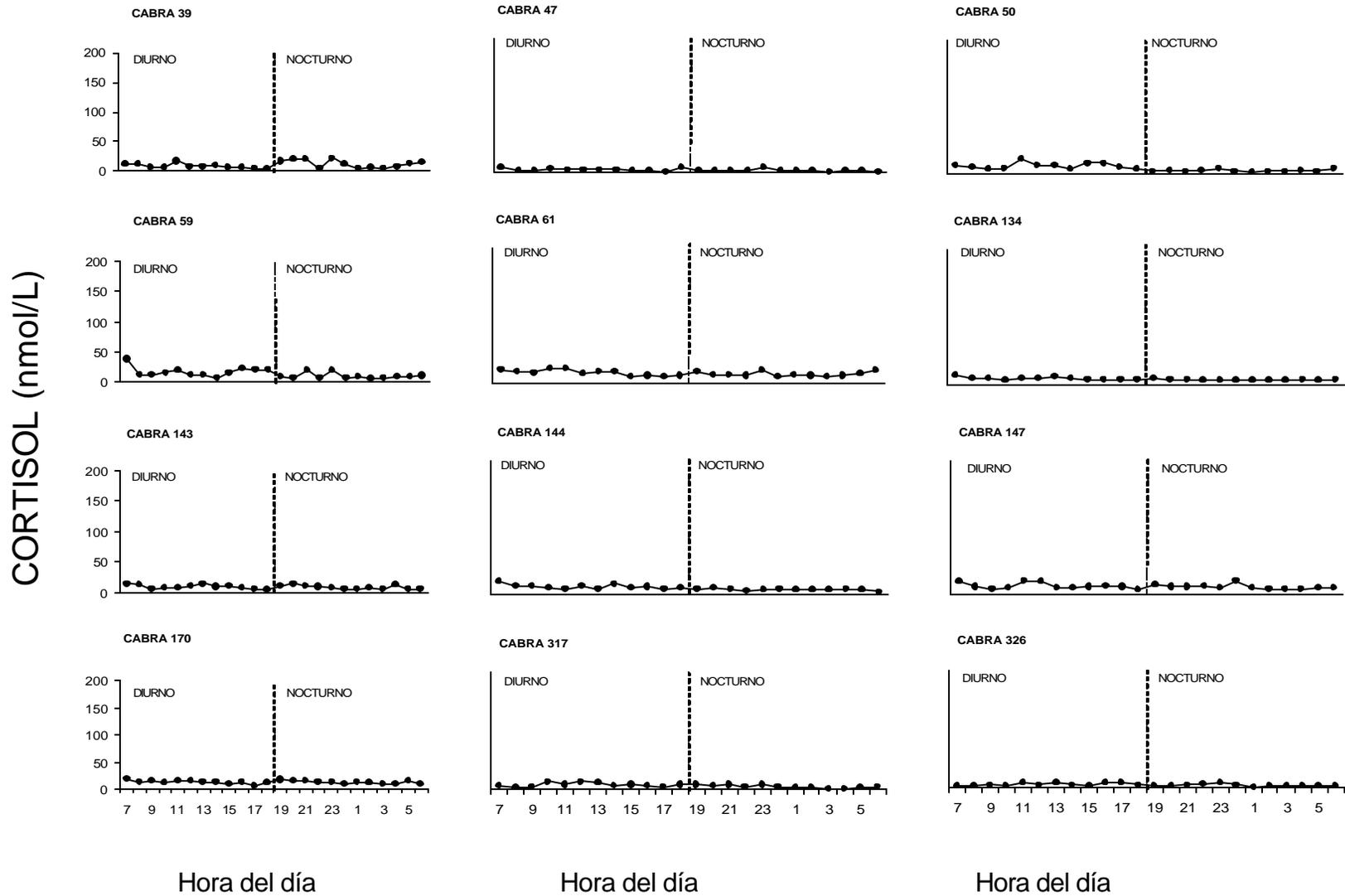


FIGURA 9. Perfiles individuales de cortisol diario durante la estación no reproductiva en cabras lecheras.

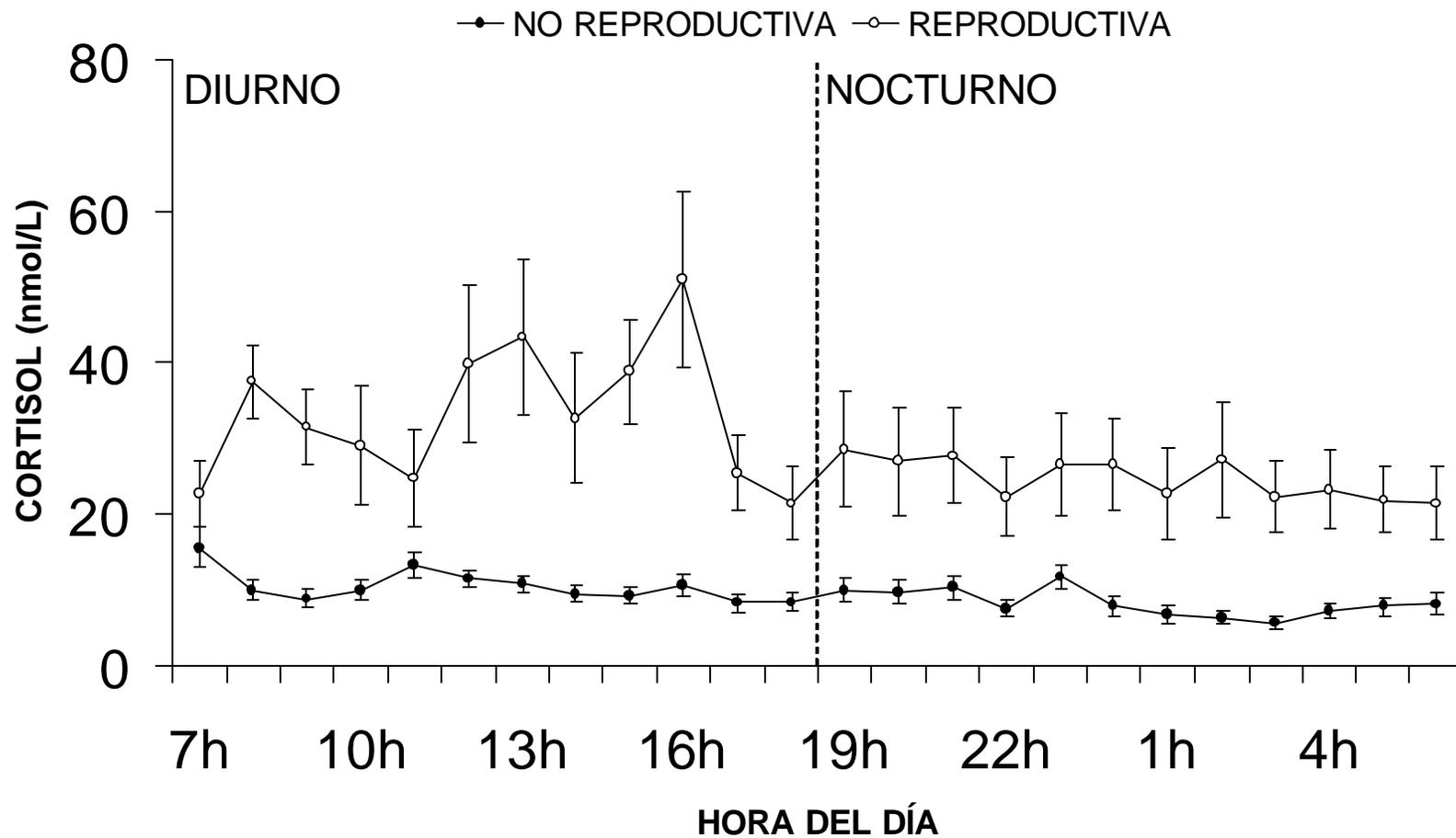


FIGURA 10. Perfil promedio diario de cortisol sanguíneo (media \pm error estándar) durante la estación reproductiva y no reproductiva de cabras lecheras.

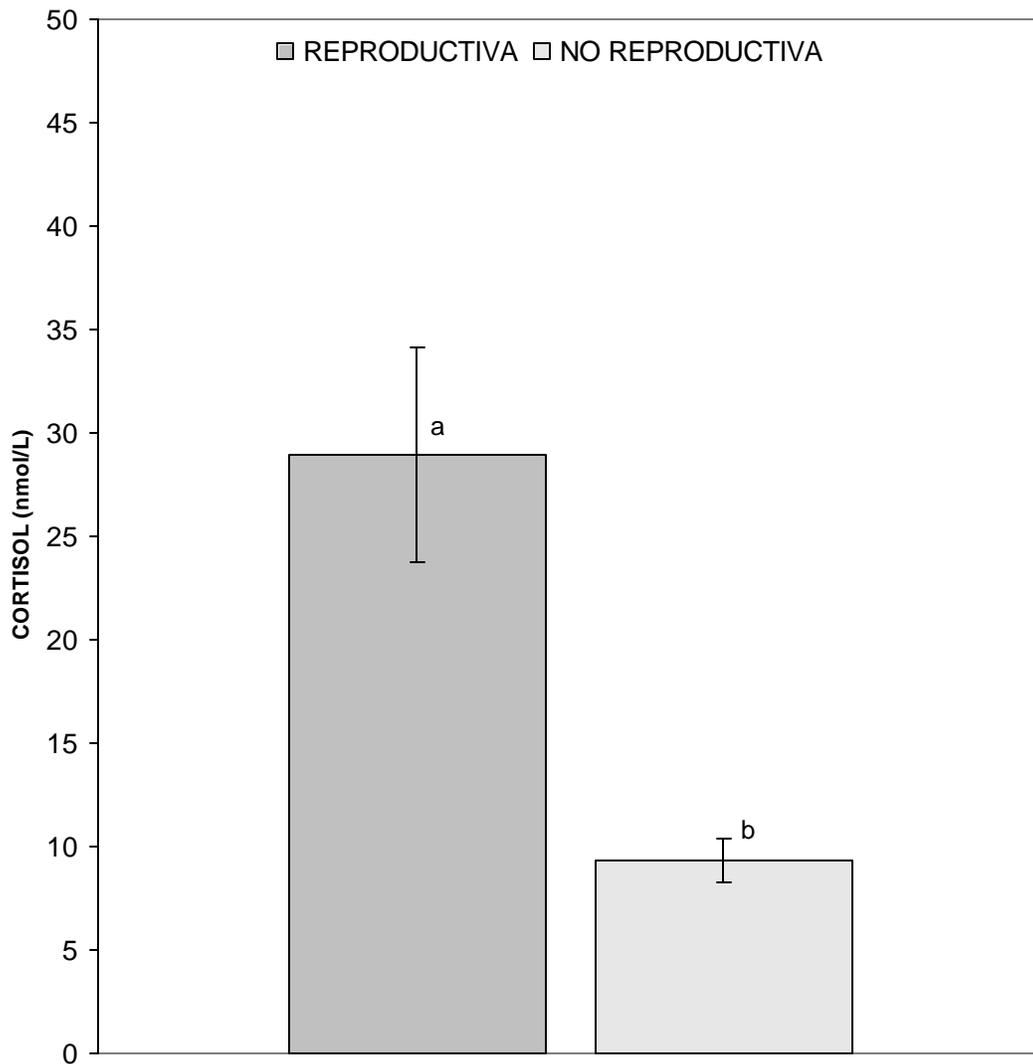


FIGURA 11. Concentración promedio de cortisol sanguíneo (media \pm error estándar) en todas las muestras tomadas durante la estación reproductiva y no reproductiva en cabras lecheras estabuladas.

^{ab}, La diferencia entre estaciones es significativa ($p < 0.05$).

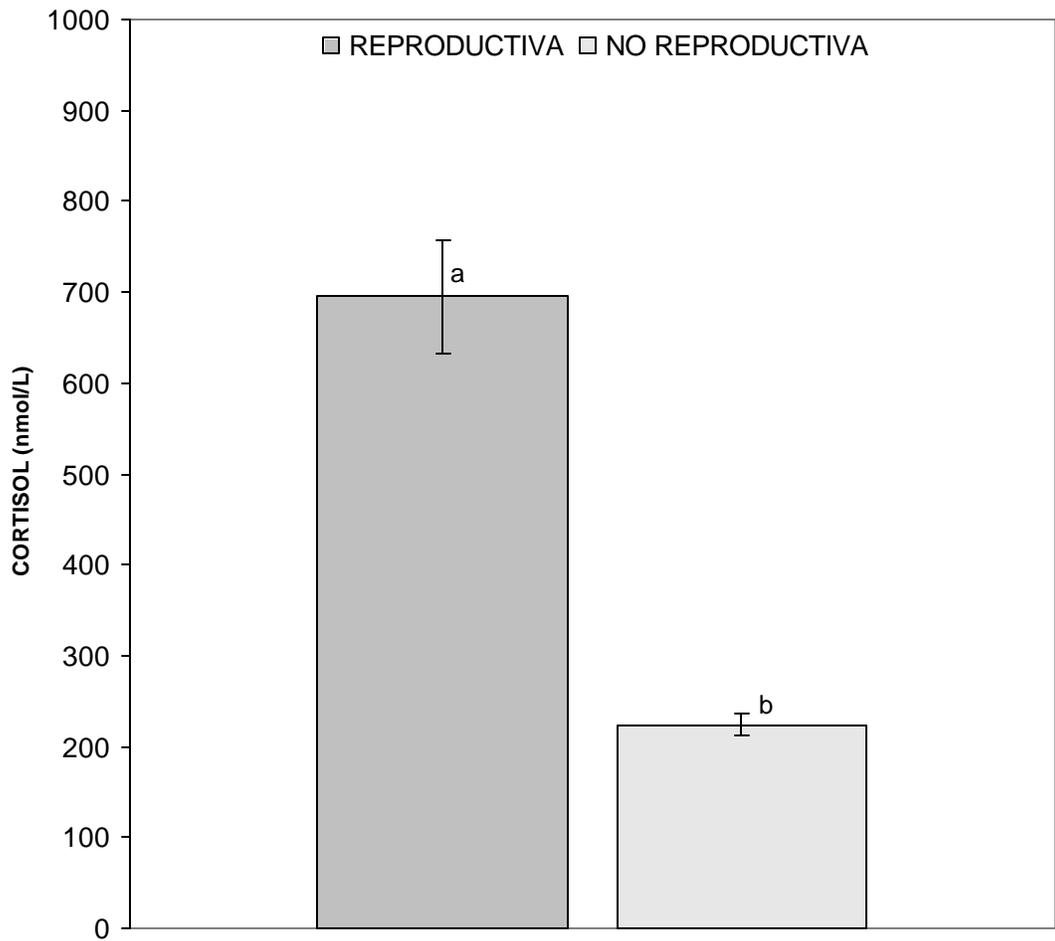


FIGURA 12. Área bajo la curva diaria de cortisol sanguíneo durante la estación reproductiva y no reproductiva en cabras lecheras estabuladas.

Los valores son promedio \pm error estándar de la suma de los valores obtenidos en cada cabra durante un período de 24 horas.

^{ab}, La diferencia entre estaciones es significativa ($p < 0.05$).

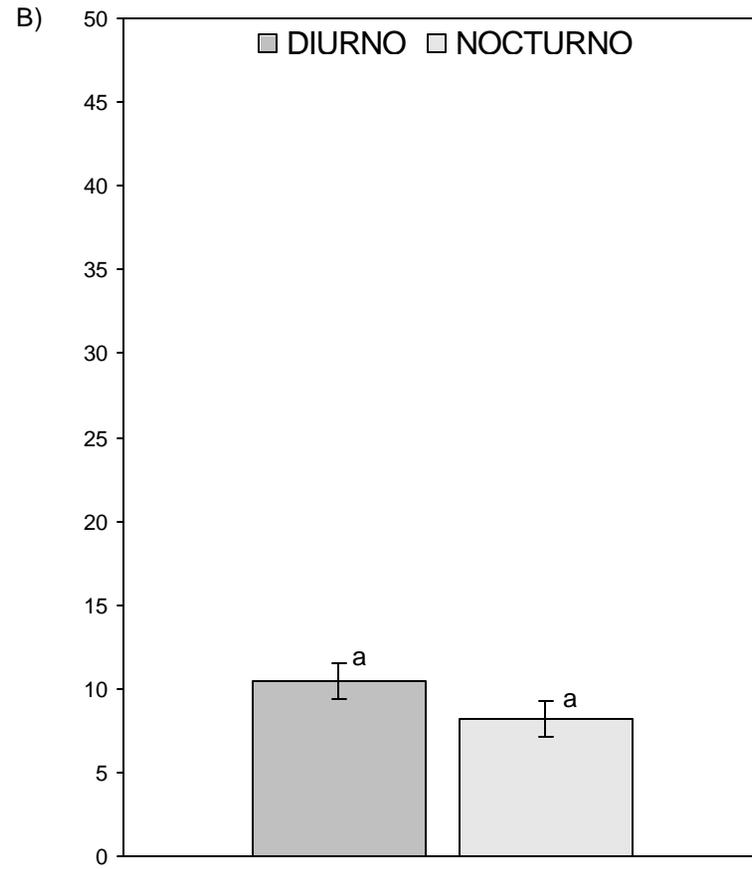
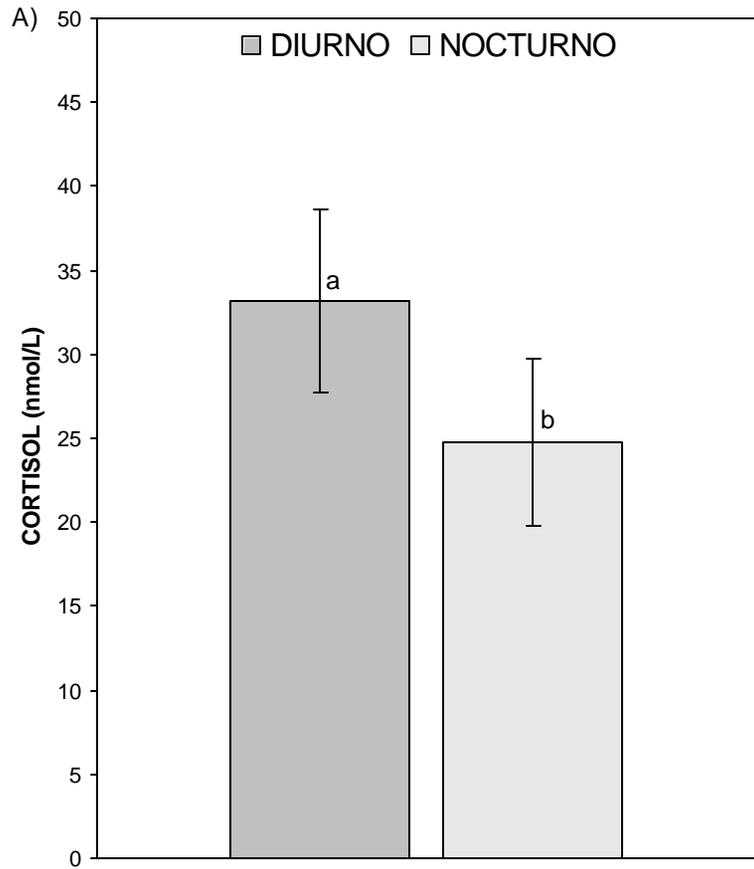


FIGURA 13. Niveles promedio de cortisol sanguíneo (media±ee) en horarios diurno y nocturno en la estación reproductiva (A) y no reproductiva (B).

^{ab}. Literales diferentes entre barras indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

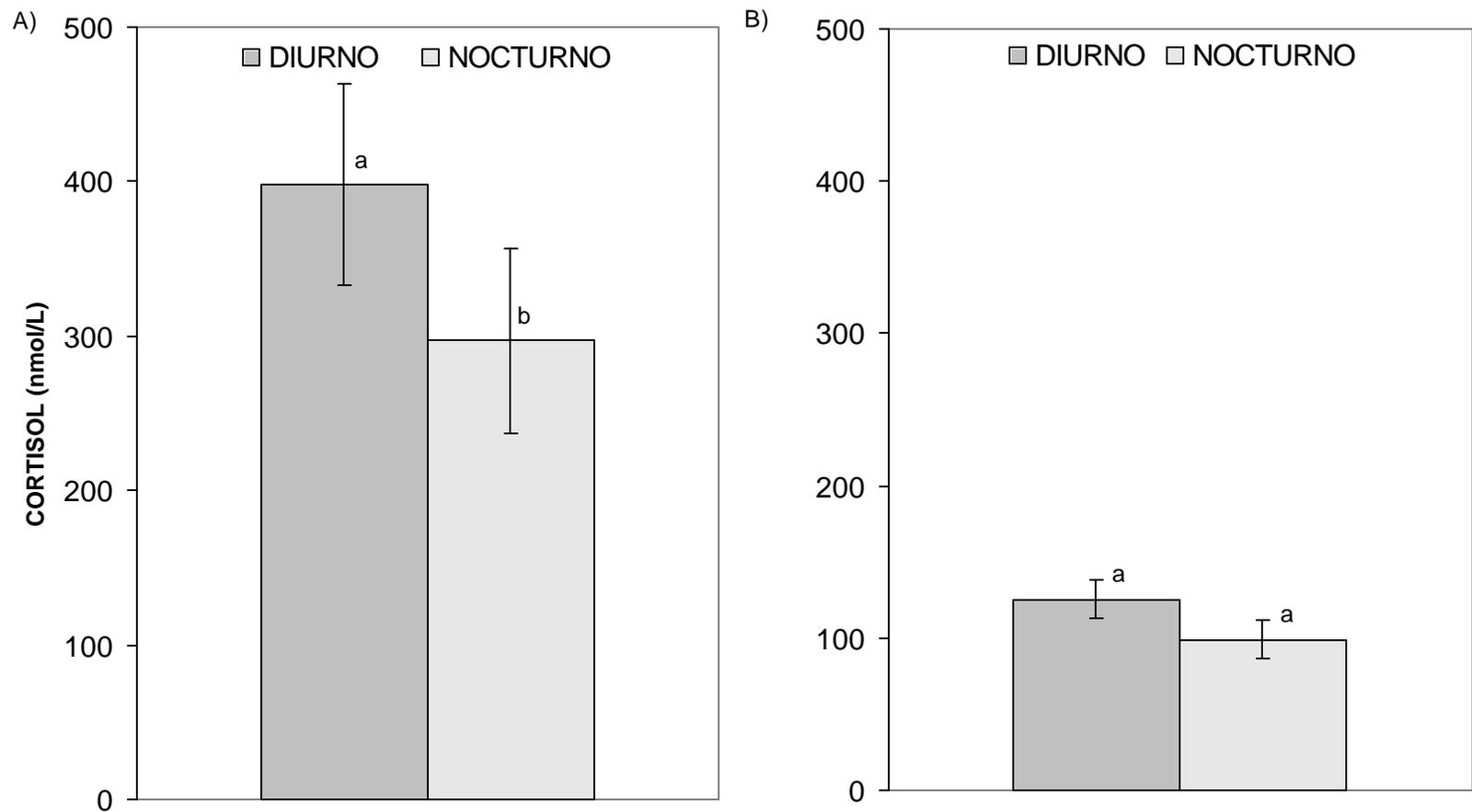


FIGURA 14. Área bajo la curva diaria de cortisol sanguíneo durante la estación reproductiva (A) y no reproductiva (B) en cabras lecheras.

^{ab}, Literales diferentes entre barras indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

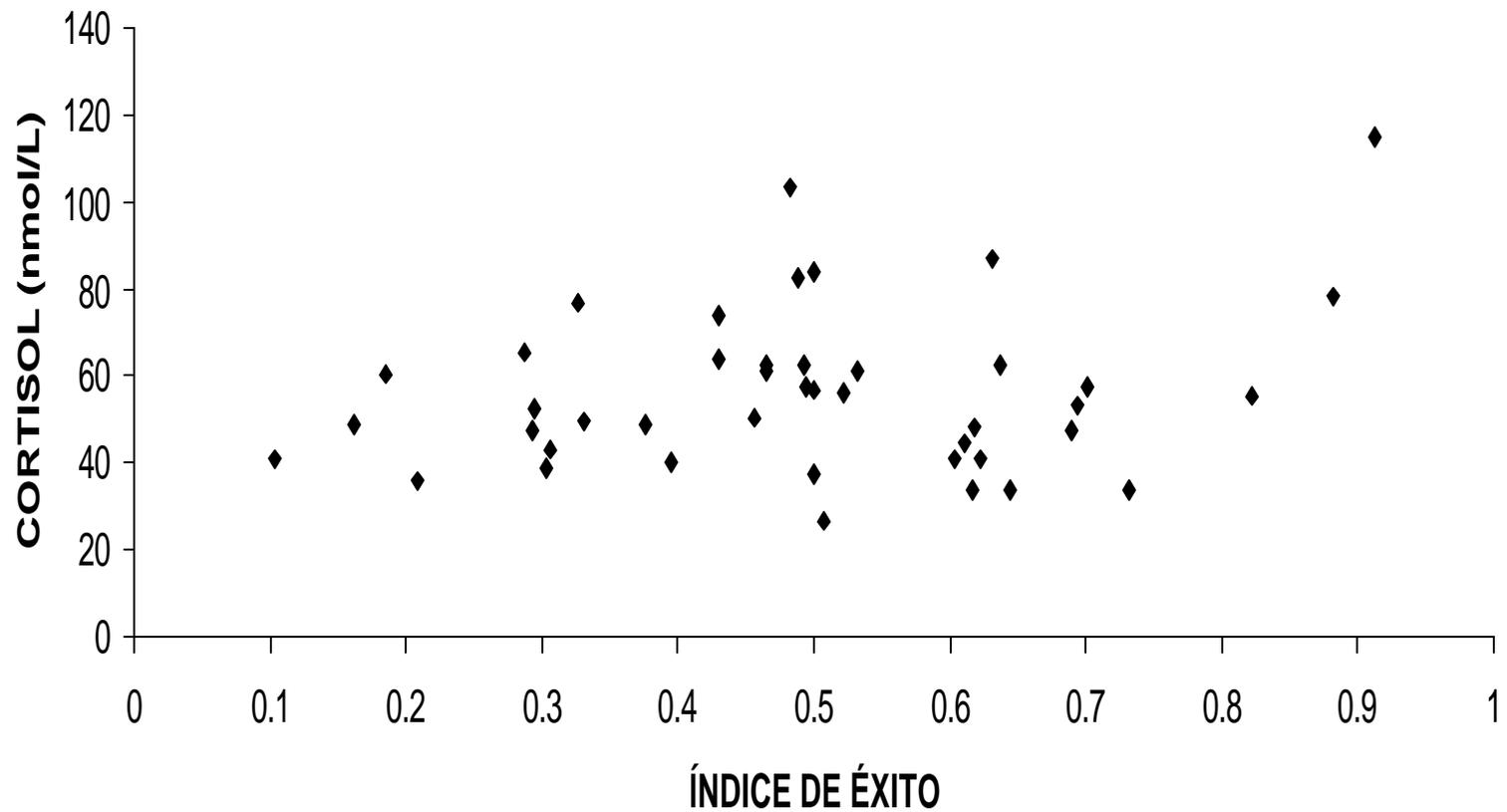


FIGURA 15. Correlación entre los niveles de cortisol y el índice de éxito (Etapa 1). Después de formado el rebaño se realizó un estudio conductual por 5 horas continuas durante 10 días. Diferencia significativa ($r=0.34$, $p<0.02$).

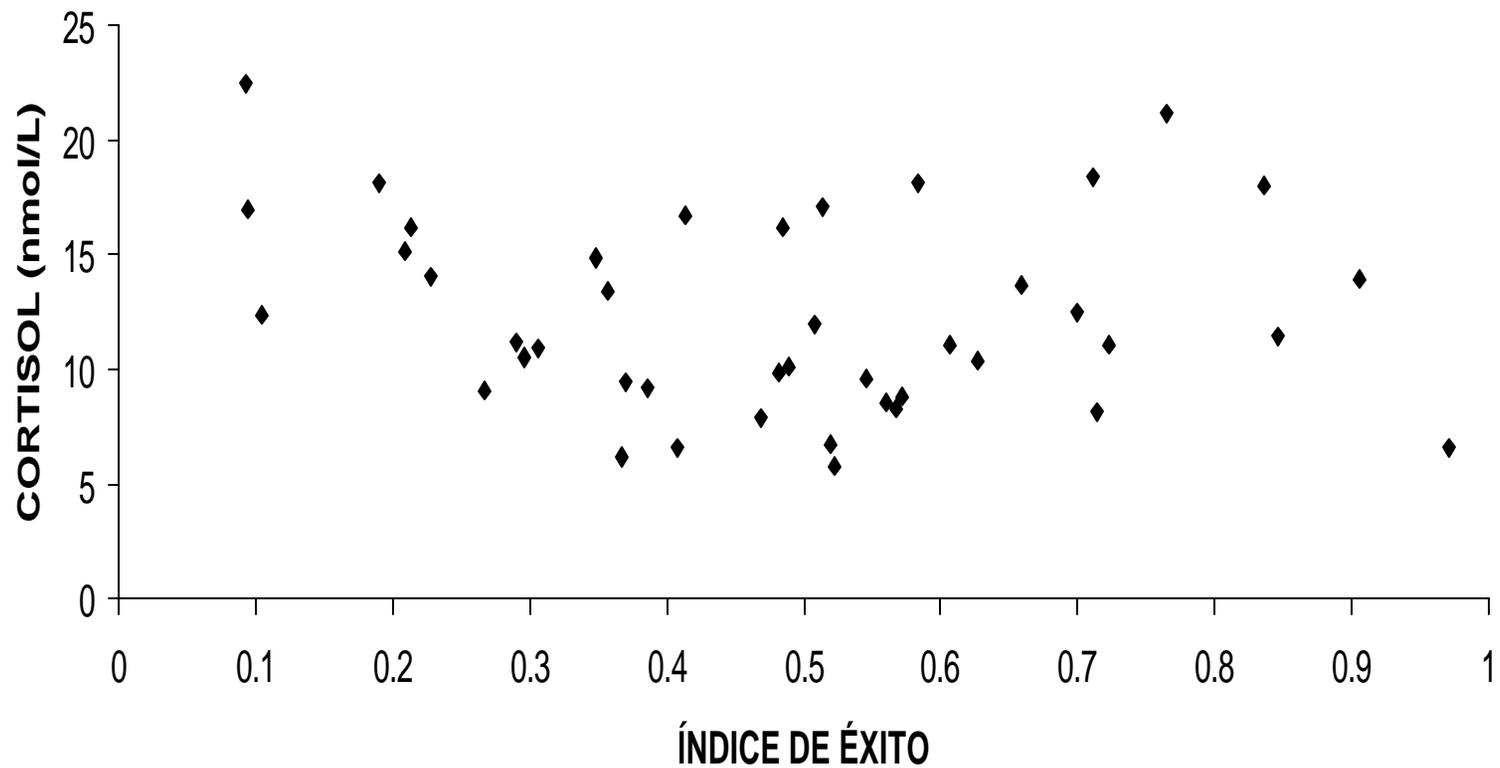


FIGURA 16. Correlación entre los niveles de cortisol y el índice de éxito (Etapa 2).
 40 días después se repitió el estudio conductual por 5 días y 5 horas, sincronizándolas con esponjas vaginales por 10 días realizando posteriormente por 13 días más y 5 horas dicho estudio.

Sin diferencia significativa ($r = -0.15$, $p > 0.33$).

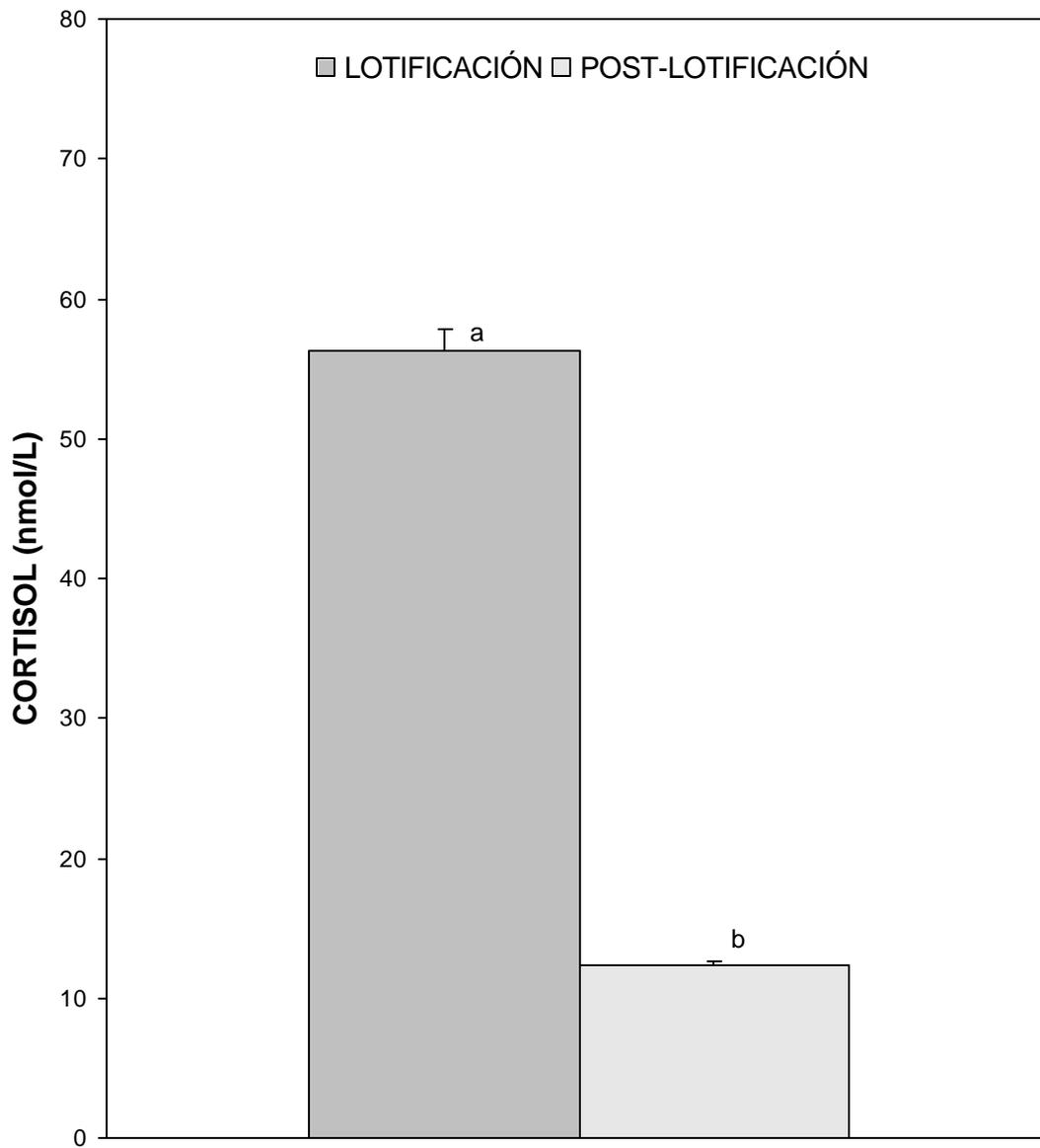


FIGURA 17. Niveles promedio de cortisol sanguíneo (media± ee) en el total de cabras durante la lotificación y 40 días después.

^{ab}. Literales diferentes entre barras indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

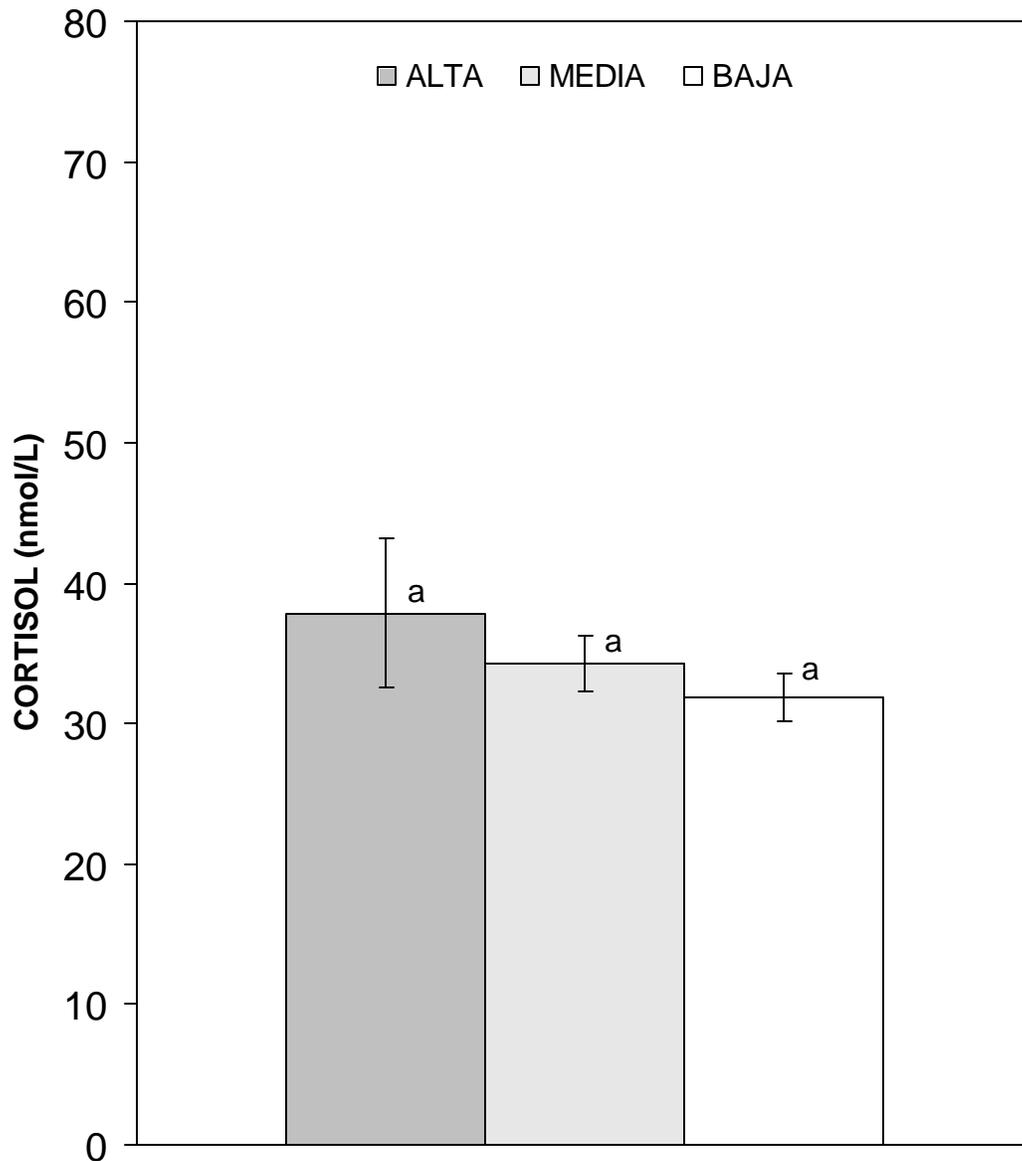


FIGURA 18. Niveles promedio de cortisol sanguíneo (media± ee) en el total de cabras de acuerdo al nivel de dominancia en ambas etapas del experimento.

^a. Sin diferencia significativa, mismas literales (p>0.05).

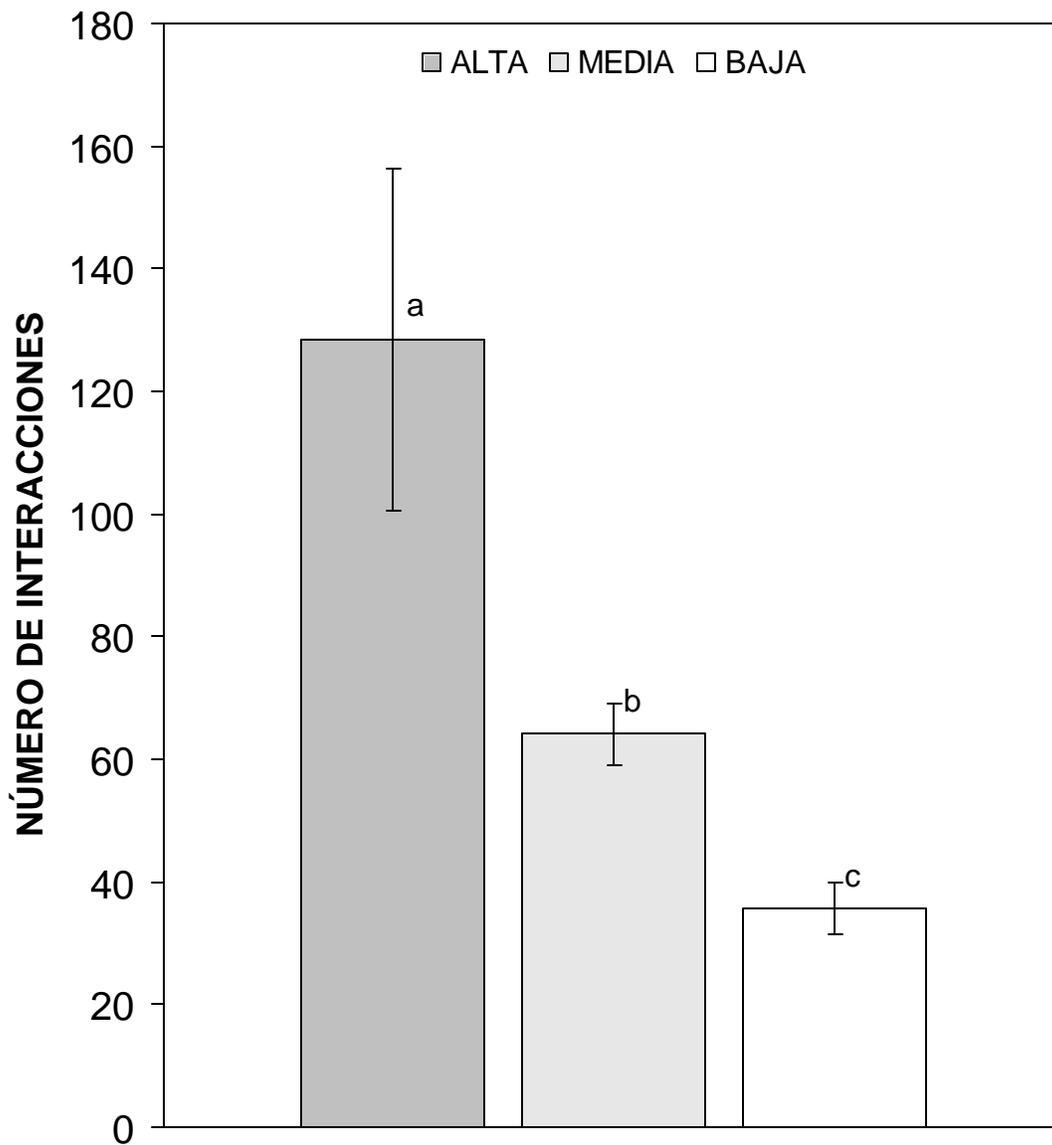


FIGURA 19. Promedio de interacciones agonistas (media ± ee) en el total de cabras en ambas etapas del experimento de acuerdo al nivel de dominancia.

^{abc}. Literales diferentes entre barras indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

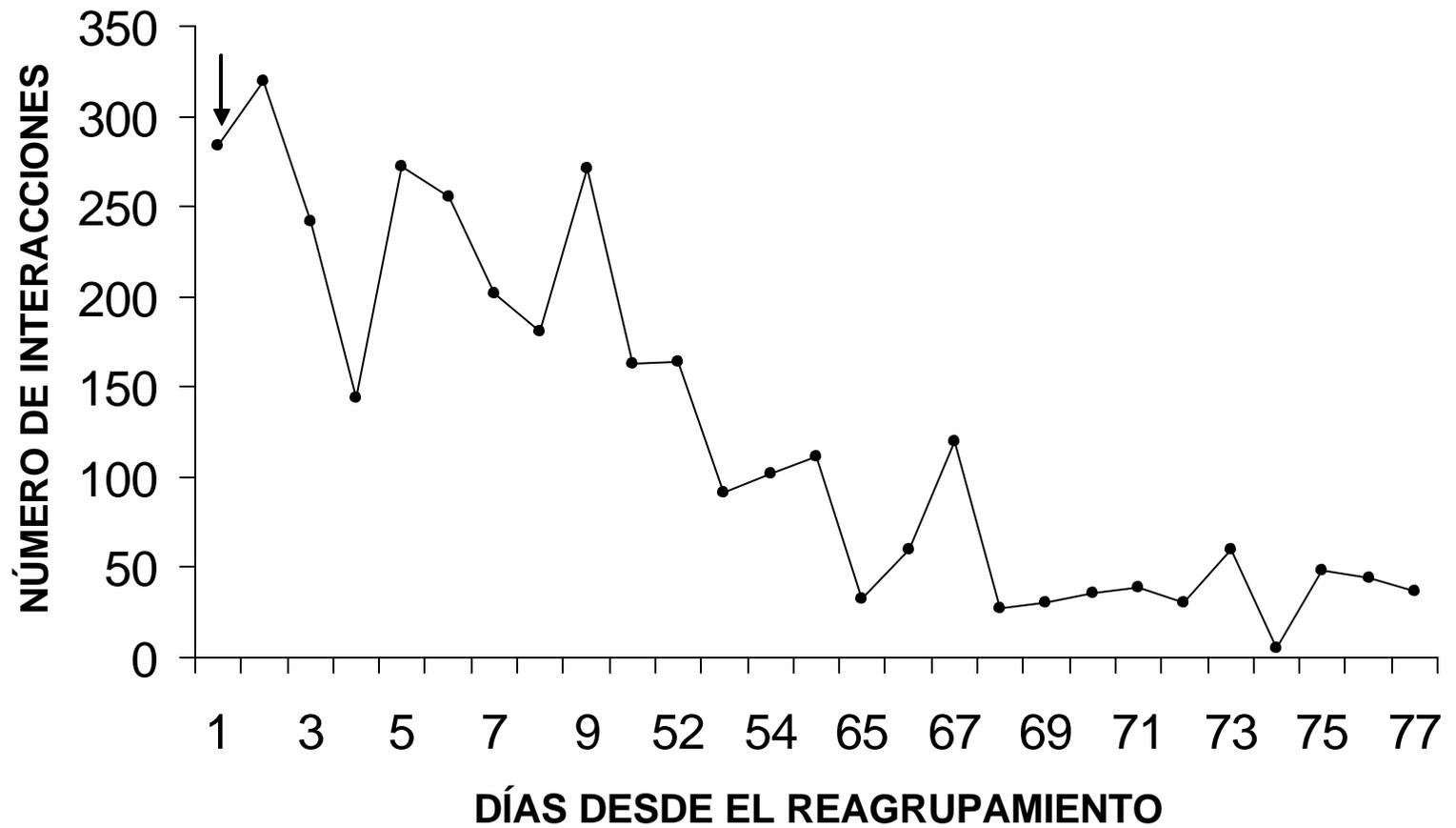


FIGURA 20. Distribución promedio por día de las interacciones agonistas durante todos los días del experimento en el total de cabras.

(La flecha indica el momento del reagrupamiento).

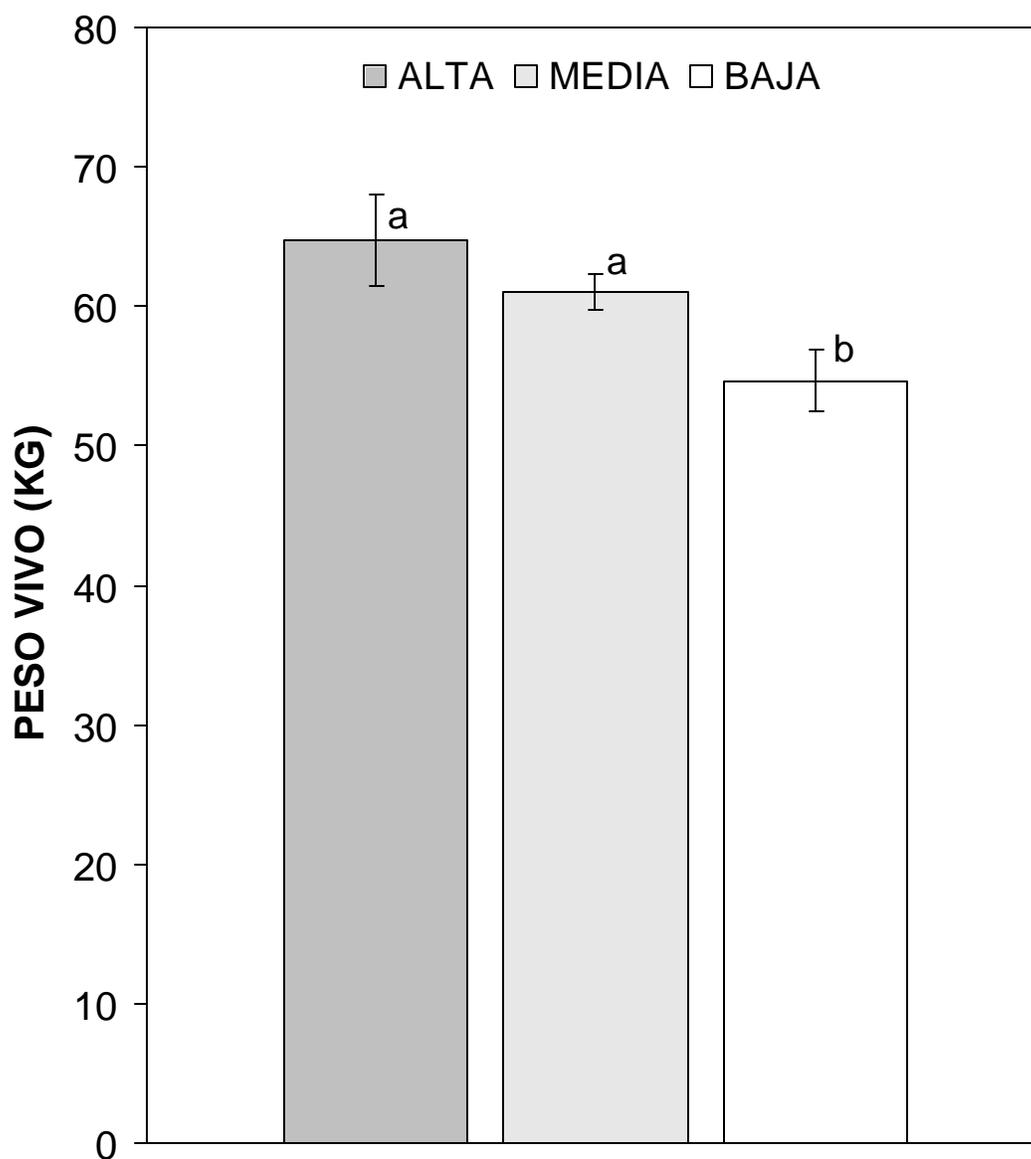


FIGURA 21. Peso promedio (media± ee) en el total de las cabras de acuerdo al nivel de dominancia en ambas etapas del experimento.

^{ab}. Literales diferentes entre barras indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

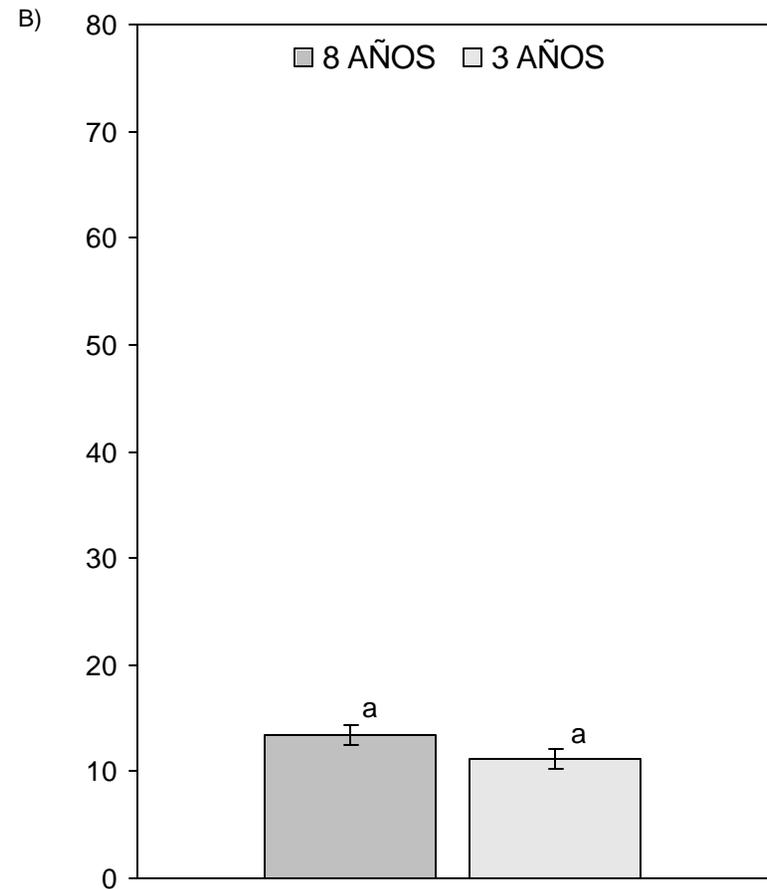
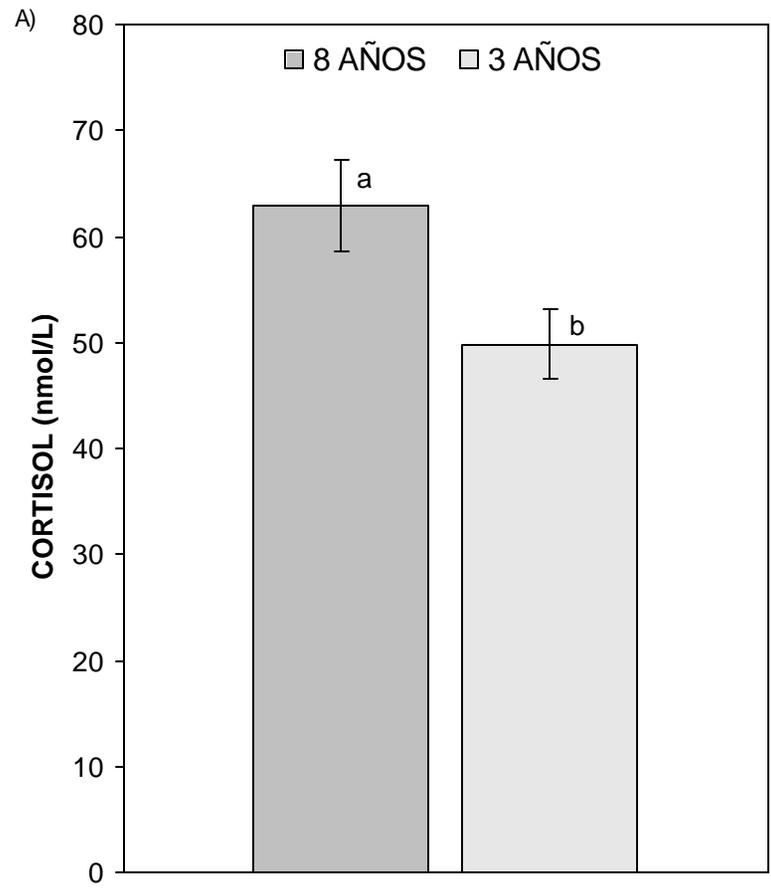


FIGURA 22. Niveles de cortisol sanguíneo (media±ee) en el total de los animales de acuerdo a la edad: A) primera etapa y B) segunda etapa.

^{ab.} Literales diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

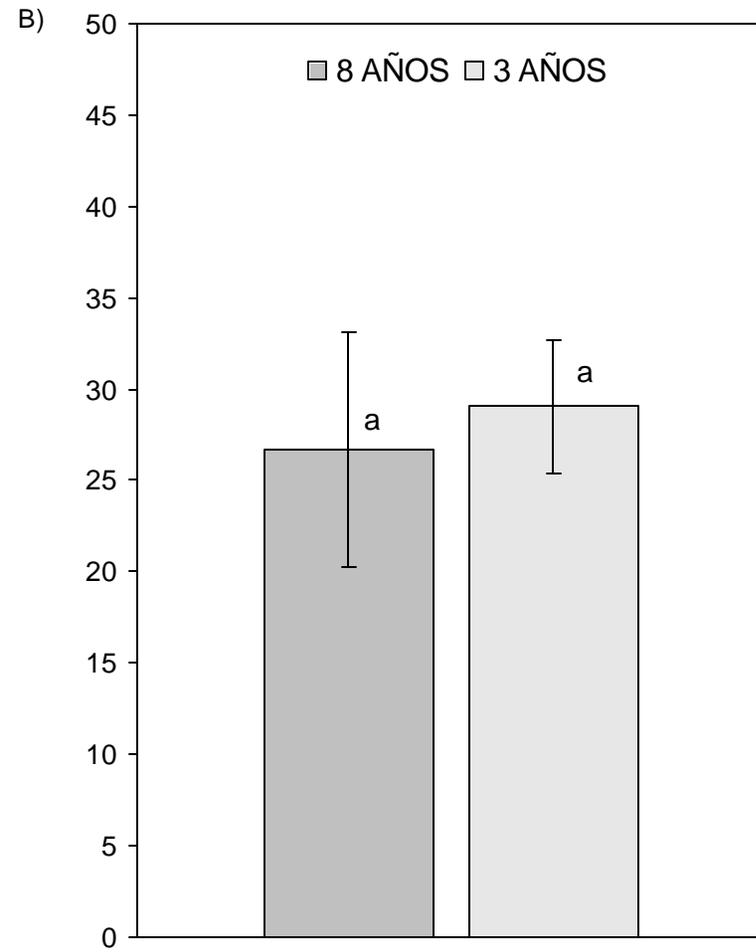
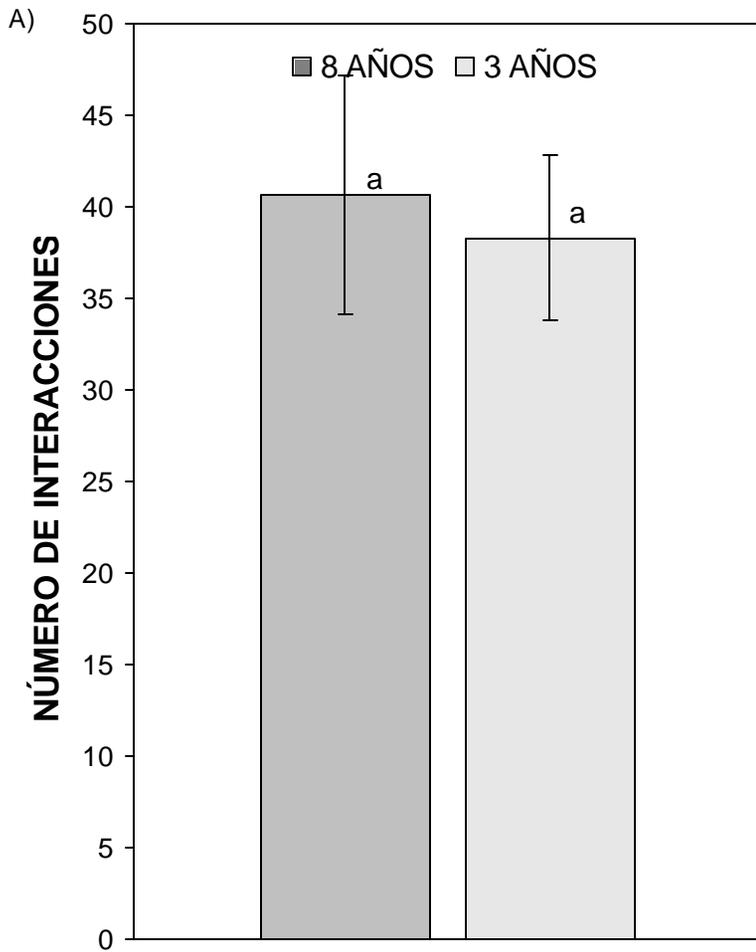


FIGURA 23. Interacciones agonistas (media±ee) en el total de los animales de acuerdo a la edad: A) primera etapa y B) segunda etapa.

^a. Sin diferencia significativa, mismas literales ($p > 0.05$).