



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA
SALUD ANIMAL

“ESTUDIO DE LA CONDUCTA SOCIAL EN MACHOS
CABRIOS JÓVENES EN ESTABULACIÓN”

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS

PRESENTA:

BRENDA LUZ PELAYO GUTIÉRREZ

TUTORA:

M. P. A. ROSALBA SOTO GONZÁLEZ
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

COMITÉ TUTOR:

Dr. JAVIER DE JESUS VALENCIA MÉNDEZ
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
Dr. JOSÉ ALFREDO MEDRANO HERNÁNDEZ
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN



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.

ÍNDICE

1.	Resumen	1
2.	Abstract	4
3.	Introducción	6
4.	Antecedentes	8
4.1	Ecología de los caprinos	8
4.2	Características de la conducta social	9
4.2.1	Conducta y comportamiento	9
4.2.2	Comportamiento social	9
4.2.3	Sistemas sociales	9
4.2.4	Comportamiento social en la especie caprina	11
4.3	Estructura social de los rebaños caprinos	12
4.3.1	Sociedad despótica	12
4.3.2	Ventajas y desventajas del establecimiento de jerarquía	13
4.3.3	Jerarquía en rebaños caprinos	14
4.3.4	Interacciones agonistas	15
4.4	Conformación de los rebaños caprinos	16
4.4.1	Segregación sexual	17
4.5	Separación social	19
4.6	Estrés	21
4.6.1	Estresores	22
4.7	Regulación del estrés	23
4.7.1	Respuesta inmediata	24
4.7.2	Respuesta tardía	25
4.8	Eje Hipotalámico-Hipofisiario-Adrenal	26
4.8.1	Hormona liberadora de corticotropina (CRH)	28
4.8.2	Hormona Adrenocorticotropica (ACTH)	28
4.8.3	Glucocorticoides	29
4.9	Ritmos biológicos	31
4.10	Respuesta al estrés agudo	32
4.11	Respuesta al estrés crónico	34
4.12	Medición del estrés	35
5.	Objetivos	37

6.	Hipótesis	37
7.	Materiales y métodos	37
8.	Resultados	41
8.1	Resultados conductuales	41
8.2	Resultados de cortisol	50
9.	Discusión	57
10.	Conclusión	61
11.	Bibliografía	62

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Figura 1.	Cambios en los patrones de secreción hormonal en respuesta a un estresor	26
Figura 2.	Tiempo de retraso hasta el que comienzan los efectos hormonales en los tejidos blanco en respuesta a un estresor	26
Figura 3.	Esquema del eje Hipotalámico – Hipofisario – Adrenal y la cascada hormonal inducida por el estrés	27
Figura 4.	Consecuencias fisiológicas inmediatas de la respuesta al estrés	33
Tabla 1.	Respuestas conductuales registradas	41
Figura 5.	Frecuencia de vocalizaciones de tono alto	42
Figura 6.	Frecuencia de vocalizaciones de tono bajo	43
Figura 7.	Frecuencia de eliminaciones	44
Figura 8.	Frecuencia de olfateo a objetos	45
Figura 9.	Frecuencia de olfateo a coespecíficos	46
Figura 10.	Frecuencia de cambios de lugar	47
Figura 11.	Frecuencia de intentos de escape	48
Figura 12.	Índices de agitación	49
Tabla 2.	Valores de cortisol plasmático	50
Figura 13.	Niveles de cortisol de los cabritos a lo largo del tiempo de muestreo	52
Figura 14.	Gráfica que muestra dos curvas de respuesta marcadas en los niveles de cortisol	54

Figura 15. Grafica que muestra una curva al inicio del muestreo en los niveles de cortisol

55

Figura 16. Grafica que muestra una curva al final del muestreo en los niveles de cortisol

56

RESUMEN

Los caprinos son gregarios, por lo que la separación social representa un estímulo de estrés. Cuando se separa o aísla un individuo del resto del rebaño, éste reacciona desplegando conductas de agitación. Sin embargo, en condiciones naturales, los machos en edad reproductiva se separan del resto de su rebaño formando pequeños subgrupos, o viven solos y solo vuelven a introducirse a los rebaños durante la estación reproductiva. Las causas de esta separación no se han estudiado con detalle en esta especie, aunque una de las hipótesis más aceptadas, considera que los machos caprinos son menos gregarios que las hembras. Por tal motivo, el objetivo del presente estudio es el investigar la conducta gregaria en un grupo de machos caprinos jóvenes, por medio de una prueba estandarizada de respuesta a la separación social, así como los cambios en los niveles plasmáticos de cortisol durante dicha prueba.

Para el estudio se emplearon 20 machos caprinos sanos (Alpino Francés), de entre 18 y 20 meses de edad. Para la prueba experimental se construyó un corral de prueba de 2x2m con cuadrantes dibujados en el piso de 1x1m dentro del corral donde vivían los machos. El sujeto experimental era introducido en el mismo, bajo las siguientes situaciones de prueba. En la primera parte el sujeto experimental permanecía con sus coespecíficos alrededor del corral y por 5 minutos fueron registradas las conductas que éste desplegaba. En la segunda parte y por otros 5 minutos, los coespecíficos eran removidos del corral donde vivían, fuera de la vista del sujeto experimental. Finalmente, en la tercera parte se regresaban los coespecíficos al corral y se observaban por otros 5min, las conductas del sujeto a probar. Se tomó la frecuencia de las siguientes conductas; vocalizaciones altas y bajas, conductas eliminativas, olfateo a coespecíficos y a objetos, cambios de lugar e intentos de escape. Con la sumatoria de las frecuencias de las vocalizaciones altas, los cambios de lugar, los brincos y las conductas eliminativas se construyó un índice de agitación para cada parte de la prueba. Para la medición del cortisol se tomaron muestras de sangre a través de la vena yugular a intervalos de 10min desde 1h antes y hasta 1h después de la prueba de

separación social de cada sujeto experimental. La medición del cortisol se realizó por medio de la prueba de ELISA.

En cuanto a las conductas individuales, los resultados mostraron que las vocalizaciones de tono alto, fueron significativamente menores tanto en la primera, (2.7 ± 2 y 3.9 ± 1.4 vs 83.8 ± 7 , $P < 0.001$, Prueba de Wilcoxon) como en la tercera parte de la prueba, con coespecíficos, en comparación con la segunda parte, cuando el macho se quedaba solo.

Los intentos de escape (1.3 ± 0.4 y 2.4 ± 0.5 vs 5.2 ± 0.9 , $P < 0.001$, Prueba de Wilcoxon), fueron significativamente menores tanto en la primera, como en la tercera parte de la prueba, en comparación con la segunda parte de la misma.

Los olfateos a coespecíficos fueron menos frecuentes durante la primer parte de la prueba, con coespecíficos, en comparación a la tercer parte, en donde se regresaban (0 ± 0.3 vs 0.4 ± 0.3 , $P < 0.03$, Prueba de Wilcoxon).

La frecuencia de olfateos a objetos fue significativamente mayor durante la primer parte de la prueba, en comparación a la segunda y tercer parte (12.6 ± 1.7 vs 6.5 ± 1.1 y 4.1 ± 0.8 , $P < 0.001$, Prueba de Wilcoxon).

Con respecto a los índices de agitación; el índice de agitación 1 (con coespecíficos) fue significativamente menor que el índice de agitación 2 (sin coespecíficos) ($P < 0.001$, Prueba de Wilcoxon), y no mostró diferencias significativas con el índice de agitación 3 (regreso de coespecíficos) ($P > 0.2$, prueba de Wilcoxon), de forma contraria, el índice de agitación 2 fue significativamente mayor que el índice de agitación 3 ($P < 0.001$, Prueba de Wilcoxon).

En cuanto a los niveles de cortisol, estos mostraron un aumento significativo del minuto 0 al minuto 10 (0.7 ± 0.2 vs 0.9 ± 0.2 , $P < 0.004$, Prueba de Wilcoxon) y hasta el minuto 40 (1.3 ± 0.2) lo cual se atribuyó al manejo y muestreo; posteriormente se observó una disminución desde el minuto 40 hasta el minuto 60 (1.3 ± 0.2 vs 0.9 ± 0.2 , $P < 0.008$, Prueba de Wilcoxon), posiblemente por una habituación de los machos a la toma de muestras. Sin embargo, después de la prueba de separación social, efectuada al minuto 60, se observó nuevamente un aumento significativo de los niveles de cortisol del minuto 70 al minuto 80 (1.2 ± 0.2 vs 1.4 ± 0.2 , $P < 0.03$, Prueba de Wilcoxon).

Posteriormente los niveles volvieron a disminuir significativamente del minuto 80 al 90 (1.4 ± 0.2 vs 1.2 ± 0.2 , $P < 0.001$, Prueba de Wilcoxon), y hasta el minuto 110 (1.2 ± 0.2 vs 1.0 ± 0.2 , $P < 0.02$, Prueba de Wilcoxon).

En conclusión estos resultados indican que los machos caprinos son animales gregarios que desplegaron conductas de agitación y niveles hormonales típicos de respuesta al estrés al ser separados de sus coespecíficos. Por tal motivo, el hecho de que los sementales caprinos comúnmente se mantengan aislados de sus coespecíficos dentro de las unidades reproductivas, conlleva alteraciones en el comportamiento y el bienestar de los mismos.

ABSTRACT

Goats are naturally gregarious, thus social separation represents a stress stimulus. When an individual is separated or isolated from the flock, it reacts displaying anxiogenic behaviors. However, in natural conditions males of reproductive age are separated from the rest of his flock into small subgroups or living alone and only re-introduced to the flock during the breeding season. The causes of this gender separation have not been studied in detail in this species, although one of the most accepted hypotheses considers that the bucks are less gregarious than females. For this reason the aim of this study was to investigate a gregarious relationship in a group of young bucks by means of a standardized test of response to social separation as well as their relationship with plasmatic levels of cortisol during the test.

For the study were used 20 healthy bucks (French Alpine), between 18 and 20 months of age. For the experimental test built a test pen of 2x2m with quadrants drawn on the floor of 1x1m, inside the pen where males lived. Experimental subject was introduced therein, under the following test situations. In the first part experimental subject remained with their conspecifics around the pen, and were recorded for 5 minutes behaviors it unfolded. In the second part and for another 5 minutes, conspecifics were removed away from the living pen, out of sight of the experimental subject. Finally, in the third part conspecifics be returned in the living pen and observed for another 5 minutes subject's behaviors. I took the frequency of the following behaviors; high and low vocalizations, eliminative behavior, sniffing to conspecifics and objects, changes of place and escape attempts. With the sum of the frequencies of high vocalizations, changes of place, escape attempts and eliminative behavior built an agitation index for each part of the test. For the cortisol measurements sampled blood through the jugular vein at intervals of 10min from 1h before until 1h after social separation test of each experimental subject. The measurement was performed by ELISA.

In terms of individual behaviors, the results showed that high-pitched vocalizations were significantly lower in both the first (2.7 ± 2 and 3.9 ± 1.4 vs 83.8 ± 7 , $P < 0.001$, Wilcoxon test) and the third part of the test, with conspecifics, compared on the second part, when the male was left alone.

The escape attempts (1.3 ± 0.4 and 2.4 ± 0.5 vs 5.2 ± 0.9 , $P < 0.001$, Wilcoxon test) were significantly lower in both the first and the third part of the test, compared on the second part thereof.

The conspecifics sniffing were less frequent during the first part of the test, when conspecifics were returning, compared on the third part (0 ± 0.3 vs 0.4 ± 0.3 , $P < 0.03$, Wilcoxon test).

Sniffing object frequency was significantly higher during the first part of the test, compared on the second and third part (12.6 ± 1.7 vs 6.5 ± 1.1 and 4.1 ± 0.8 , $P < 0.001$, Wilcoxon test).

With respect to the agitation index; agitation index 1 (with conspecifics) was significantly lower than the agitation index 2 (without conspecifics) ($P < 0.001$, Wilcoxon test), and showed no significant differences with agitation index 3 (return of conspecifics) ($P > 0.2$, Wilcoxon test), in the opposite way, the agitation index 2 was significantly higher than the agitation index 3 ($P < 0.001$, Wilcoxon test).

Regarding cortisol levels, this showed a significant increase from 0 minute to 10 minute (0.7 ± 0.2 vs 0.9 ± 0.2 , $P < 0.004$, Wilcoxon test) and up to 40 minute (1.3 ± 0.2) which was attributed to the handling and sampling; then there was a decrease from 40 minute to 60 minute (1.3 ± 0.2 vs 0.9 ± 0.2 , $P < 0.008$, Wilcoxon test), possibly by a habituation of males to samplers. However, after the social separation test, performed at 60 minute, was again observed a significant increase in cortisol levels at 70 minute to 80 minute (1.2 ± 0.2 vs 1.4 ± 0.2 , $P < 0.03$, Wilcoxon test). Levels then declined again significantly from 80 minute to 90 minute (1.4 ± 0.2 vs 1.2 ± 0.2 , $P < 0.001$, Wilcoxon test) and up to the 110 minute (1.2 ± 0.2 vs 1.0 ± 0.2 , $P < 0.02$, Wilcoxon test).

In conclusion these results indicate that bucks are gregarious animals who displayed agitation behaviors and typical stress hormone levels when separated from the rest of their conspecifics. For this reason, the fact that goats stallions remain isolated from their conspecifics within reproductive units, leads to changes in behavior and welfare.

INTRODUCCIÓN

Los caprinos al igual que otros ungulados son naturalmente gregarios, es decir que forman relaciones estrechas con sus coespecíficos (los que son de su misma especie) (Al - Qarawi y Ali, 2005). Sin embargo, en estado natural, como es el caso de las cabras ferales, se ha observado que las hembras suelen vivir en comunidades matrilineales, en cuyo caso las asociaciones con los machos se observan en grados variables, ya que esto depende en gran medida de la estacionalidad reproductiva. Esto significa que las hembras y machos adultos raramente interactúan entre ellos por lo que es más frecuente que se mantengan en grupos sociales separados, en cuyo caso, los machos suelen vivir en pequeños subgrupos o incluso solos. Estos grupos persisten durante gran parte del año, excepto durante la época reproductiva en la cual los machos se mudan a los grupos familiares de cabras y cabritos, por lo que durante esta estación los sub-grupos incluyen un macho dominante y un pequeño número de hembras y sus crías. Existen diversas hipótesis para tratar de explicar esta segregación, y entre ellas la que expresa la posibilidad de que los machos sean menos gregarios que las hembras (Shackleton y Shank, 1984; Lyons *et al.*, 1993; Hernández, 2005; Calhim *et al.*, 2006).

Los animales gregarios son muy susceptibles a estímulos sociales, así como a estresores emocionales (Apple *et al.*, 1993; Al-Qarawi y Ali, 2005). La separación o el aislamiento de alguno de los individuos del resto de sus coespecíficos provocan la expresión de conductas de agitación o ansiogénicas tales como la emisión de balidos altos, el aumento en la actividad locomotriz y las conductas eliminativas. Este tipo de conductas nos proveen de manera indirecta una medida del grado de unión social (gregarismo), y por tal motivo se han desarrollado pruebas de separación estandarizadas (Price y Thos, 1980; Lyons *et al.*, 1993; Poindron *et al.*, 1997).

La manifestación de conductas de tipo ansiogénicas usualmente se da tras la exposición del sujeto a diversos estímulos estresores dentro de los cuales está la separación social o el aislamiento, debido a que existe una fuerte correlación entre la emocionalidad y el estrés (Becker, 2010; Sapolsky, 2010; Stinett y Seasholtz, 2010). Sin embargo, las alteraciones a nivel fisiológico se consideran una evidencia más objetiva en respuesta al estrés. Estas alteraciones incluyen cambios endócrinos del eje pituitario

adrenal y se pueden observar a través de la medición de ACTH, corticosteroides o catecolaminas, (Von Borell, 2001).

En ovejas y cabras esto se ha corroborado en estudios basados en el aislamiento social, los cuales mostraron variaciones en las concentraciones plasmáticas de cortisol por esta situación. Los cambios hormonales indicativos de estrés mostraron que tanto en las ovejas como en las cabras, el aislamiento actuó como un estresor emocional muy fuerte, debido a que estas especies poseen un alto grado de gregarismo (Al - Qarawi, y Ali, 2005; Stowe *et al.*, 2005; Herman, 2010). Por otro lado, también es común que en las unidades productivas de tipo intensivo, los machos caprinos son separados del resto del rebaño después del destete, con el objetivo de ser criados como futuros sementales o para su venta. Este manejo provoca que vivan aislados de sus coespecíficos y, tampoco se ha estudiado con detalle, si este hecho tiene algún efecto ansiogénico (Siebert *et al.*, 2011; Al - Qarawi y Ali 2005). Por tal motivo, los objetivos del presente estudio son el estudiar el gregarismo en un grupo de machos cabríos jóvenes e investigar su comportamiento y niveles de cortisol durante una prueba estandarizada de respuesta a la separación social.

ANTECEDENTES

ECOLOGÍA DE LOS CAPRINOS

Las cabras pertenecen al grupo de los ungulados, dentro de la subfamilia de los Caprinos, en la familia de los Bóvidos (*Bovidae*), que a su vez está enmarcada dentro del orden de los Artiodáctilos, cuya clasificación se encuentra dentro del género *Capra*; de ahí que la denominación científica de la cabra montés sea *Capra aegagrus*, mientras que las cabras domésticas se agrupan bajo la denominación científica de *Capra hircus* (Sánchez, 2008; Dwyer, 2009).

Diversas evidencias arqueológicas indican que las cabras, representadas por su progenitor salvaje el bezoar (*Capra aegagrus*), fueron los primeros herbívoros salvajes en ser domesticados, lo cual ocurrió hace aproximadamente 10,000 años (MacHugh y Bradrey, 2001; Dwyer, 2009). Los diversos cambios que esto contrajo, como es el acceso a espacio, comida, agua, albergue, la exposición a riesgos de depredación y cambios en el medioambiente social influenciaron tanto su capacidad de vivir libremente como el desarrollo de los fenotipos domésticos (Miranda-de la Lama y Mattiello, 2010).

Las cabras domésticas representan una de las especies de granja más importantes ya que se encuentran distribuidas en todos los continentes, a excepción de la Antártida y su población mundial está estimada en 800 millones de animales, por lo que constituyen cerca del 12% del total del ganado de mamíferos domésticos del mundo (Schaffer y Reed, 1972; Fontanesi *et al.*, 2010). Su amplia distribución corresponde principalmente a sus características genotípicas, las cuales se ven reflejadas en su capacidad de adaptarse tanto a las condiciones medio ambientales, como a los efectos de presión de la selección, por lo que la población de cabras se encuentra constituida de muchas razas que han emergido para satisfacer las necesidades de los productores locales y de los consumidores de los productos caprinos (NRC, 2007).

Otro de los motivos de su amplia difusión es quizá su capacidad de aportar tanto leche como carne, piel y fibras para consumo humano, así como el hecho de que pueden ser trabajadas en una amplia diversidad de medios ambientes, incluyendo los que cuentan con una pobre vegetación, razón por la cual se encuentran más presentes en países de bajos ingresos (cerca del 80% de la población mundial de cabras), particularmente en zonas tropicales de América, Asia y África, así como en zonas áridas y/o montañosas, ya que soportan bien la humedad y el calor (Hafez y Hafez, 2000; Shimada, 2003; Sisto, 2004; Fontanesi *et al.*, 2010; Debeuf, 2011). Sin embargo, por este mismo motivo a menudo han sido desestimadas y consideradas como las “vacas de los pobres” (MacHugh y Bradrey, 2001; Dwyer, 2009).

Es importante mencionar que estas mismas características les han conferido una importancia estratégica en la producción mundial de alimentos de origen animal, debido a que representan un apoyo fundamental sobre todo para las economías marginales tanto en países desarrollados como en los que se encuentran en vías de desarrollo (Agraz, 1981; FAO, 2000 MacHugh y Bradrey, 2001; Fontanesi *et al.*, 2010). En el caso de México se estima que más del 90% de las cabras (9,004,377 cabezas en 2011, SIAP-SAGARPA) pertenecen a familias de bajos ingresos, por lo que alrededor de un millón y medio de personas en este país dependen de ellas (Tovar-Luna, 2009).

CARACTERÍSTICAS DE LA CONDUCTA SOCIAL

Conducta y Comportamiento

El comportamiento se considera como uno de los indicadores primarios y de mayor importancia del bienestar del individuo y su adaptación al medio ambiente, ya que refleja la respuesta inmediata entre la interacción del animal y su medio ambiente, por lo que incluso el comportamiento social puede variar considerablemente en respuesta a los diferentes factores medio ambientales debido a que involucra el paso a las adaptaciones (Mal *et al.*, 1991; Miranda-de la Lama y Mattiello, 2010). Fisiológicamente, la conducta se trata de una propiedad que surge de la función del sistema nervioso y puede resumirse como la expresión de la suma de las contracciones musculares individuales y secreciones hormonales (Uribe, 2009).

Comportamiento social

El comportamiento social se refiere a cualquier interacción intraespecies que ocurren entre dos o más individuos de un grupo, lo cual en general incluye comunicación, acicalamiento y agresión, por lo que a su vez modifica la actividad de dicho grupo (Couzin y Krause, 2003; Grammie, 2010; Miranda-de la Lama y Mattiello, 2010; Kjørén, 2012). Dichos patrones de comportamiento son usualmente complejos, e involucran muchas estrategias cuya finalidad es incrementar la sobrevivencia, mantenimiento y viabilidad del grupo, a través de mecanismos fisiológicos, medio ambientales y conductuales, por lo que comúnmente estas conductas son un reflejo de la organización social de las especies en términos de relaciones dominancia/subordinación (Genero *et al.*, 2004; Miranda-de la Lama y Mattiello, 2010; Miranda-de la Lama *et al.*, 2011).

Sistemas sociales

En términos generales los sistemas sociales de los mamíferos se consideran estrategias adaptativas de comportamiento, en donde las afiliaciones sociales son básicamente sistemas de transmisión pasiva de aprendizaje (O'Brien, 1988; Hernández, 2005).

Las distintas especies de animales han evolucionado gracias a la formación de sociedades, ya que se sabe que los grupos sociales facilitan cierto tipo de conductas (facilitación social), como son la búsqueda de alimento y la calidad del mismo, así como de un lugar donde descansar. Pero también protección para los individuos y sus crías, además de que la formación de parejas y el acceso a la reproducción también se facilitan si se vive en sociedad (Allee 1938; Genaro *et al.*, 2004; Fierros, 2009; Dwyer, 2009).

El hecho de vivir en grupos, sin embargo tiene “costos” y “beneficios” para el individuo. Por una parte, en un medio ambiente natural este comportamiento aumenta las oportunidades de supervivencia ya que reduce el riesgo de depredación debido, entre otras cosas, a la sincronización de los comportamientos de alimentación, descanso y crianza, y en algunas especies provee beneficios adicionales, tales como la termorregulación social por reducción de pérdida de calor. E incluso se han observado una especie de efecto calmante que se observa como una reducción de las interacciones agresivas intraespecíficas (Andersen y Bøe, 2007; Estevez *et al.*, 2007; Ortiz, 2008).

Así mismo, la vida en grupos provee relaciones de compañía, aprendizaje y facilitación social, por lo que estos aprenden a distinguir, entre otras cosas, posibles situaciones de riesgo y, en el caso de animales jóvenes, posibilidades de interactuar en juegos que estimulan sus habilidades sociales y motoras. Este aspecto es un componente básico para el desarrollo de los comportamientos específicos de especie, por lo que las relaciones de compañía en animales se consideran una necesidad fisiológica básica (Estevez *et al.*, 2007; Kjørn, 2012).

El hecho de vivir en grupos, por el contrario también está asociado con aspectos negativos, dentro de los cuales se puede considerar la competencia por los recursos (alimento, agua, refugio, etcétera), el aumento en el ritmo de ataques (en animales libres) porque el tamaño del grupo incrementa su visibilidad. Así mismo, también pueden ocurrir aumentos en las agresiones, la exposición a parásitos y o enfermedades. Adicionalmente, en animales en confinamiento, puede propiciar una disminución en la ingesta de alimentos, el tiempo de descanso y el éxito reproductivo, lo cual se traduce en disminución del crecimiento, alteraciones del sistema inmune y efectos negativos sobre los individuos y en el caso de las especies domésticas sobre la producción (Andersen *et al.*, 2008; Kjørn, 2012).

Dentro del orden de los ungulados, se ha observado que aquellos que son más grandes y viven en zonas abiertas, generalmente son más sociales, y aunque en algunas de estas especies los adultos llegan a ser lo suficientemente grandes, como para defenderse de los depredadores de manera individual usualmente se requiere de un grupo de adultos para poder defender a la crías. Por lo que el riesgo de depredación es

uno de los factores más importantes en la evolución del sistema social de los ungulados (Maier, 2001).

De igual forma, una de las mayores características de los ungulados domésticos, entre estos los caprinos, es la manera activa en la cual se asocian unos con otros para vivir en grupos o rebaños (Lyons *et al.*, 1993; Hernández, 2005; Kjørren, 2012). Estas especies muestran una fuerte motivación por permanecer con sus coespecíficos; lo cual también provee algunas de las bases de las complicadas conductas sociales que existen entre estos animales (Schaffer y Reed, 1972; Rutter, 2004).

COMPORTAMIENTO SOCIAL EN LA ESPECIE CAPRINA

Los caprinos son considerados animales curiosos y un tanto caprichosos, son bastante reactivos y exhiben un gran número de comportamientos exploratorios, por lo que olfatean, mordisquean y examinan todo lo que les llame la atención. El reconocimiento social es muy importante para el mantenimiento de la estructura social en esta especie, el cual se basa mayormente en señales visuales, vocales y olfativas. Adicionalmente se sabe que dependen principalmente de su olfato ya que es su sentido más desarrollado el cual, entre otras cosas, les es básico también para la actividad sexual (Sisto, 2004; Kaminski *et al.*, 2005; Kjørren, 2012; Miranda-de la Lama y Mattiello, 2010).

Son animales inteligentes, sociables e independientes y, en el caso particular de las cabras de montaña, un tanto agresivos, lo cual quizá refleje una adaptación evolutiva debido a las características medio ambientales en las que viven, en donde una gran habilidad competitiva les otorgaría una ventaja (Sisto, 2004; Andersen *et al.*, 2008).

En los caprinos, uno de los lazos sociales más fuertes es el que se forma entre la madre y su cría, el cual suele desarrollarse dentro de periodos muy breves, como en el caso de cabras ferales, en donde se han reportado lapsos tan cortos como 5 minutos inmediatamente después del parto (Rudge, 1970; Lickliter y Heron, 1984). También es bien conocido que los cabritos forman relaciones sociales con otros individuos aparte de su madre dentro de periodos cortos tras el nacimiento, ya que al nacer dentro de un grupo, estos individuos se desarrollan dentro de un medio ambiente social (Lickliter, 1987; Lyons *et al.*, 1993).

Los caprinos se ubican dentro de la categoría de especies que tiene crías precoces al nacimiento y escondizos (Poindron *et al.*, 2007a; Winblad von Walter *et al.*, 2010). Las crías se quedan ocultas en el sitio de parto los primeros días, mientras la madre sale a pastorear, por lo que ocurren periodos prolongados de separación física con relativamente poco intercambio social entre ellos (Lickliter y Heron, 1984; O'Brien, 1984; Lickliter, 1984; Lickliter, 1984/85; Lyons *et al.*, 1993; Rudge, 1970). Se ha

observado tanto en cabras ibex (*Capra aegagrus ibex nubiana*) como en cabras ferales y domésticas (*Capraircus*), que algunos días después del nacimiento, los cabritos comienzan a salir y a formar subgrupos con cabritos de edades similares y se asocian fuertemente, tanto en los periodos de actividad como de descanso, y en cuyo caso dichas asociaciones pueden llegar a extenderse hasta la vida adulta (Shackleton y Shank, 1984; Lickliter, 1987; Lyons *et al.*, 1993). Durante las primeras 15 semanas tras su nacimiento, los cabritos se asocian más e invierten un mayor tiempo con animales de su misma edad que con adultos, lo que incluye también a sus madres (Lickliter, 1987).

ESTRUCTURA SOCIAL DE LOS REBAÑOS CAPRINOS

Aunque en realidad las relaciones sociales entre animales son generalmente muy variadas y complejas, en términos generales se consideran dos tipos de sociedades; la igualitaria, en donde no se tiene una jerarquía establecida (con un bajo índice reproductivo), y la despótica, en donde ocurre un mayor número de interacciones entre individuos, y en donde existe un orden jerárquico bien definido (con altos índices reproductivos) (Hernández, 2005; Fierros, 2009).

Sociedad despótica

Dentro de las interacciones sociales que se presentan en animales que viven en grupos algunas veces, como es el caso de los grandes rebaños de mamíferos, se pueden distinguir diferentes individuos puesto que comúnmente los grupos se organizan con un líder dominante y frecuentemente algunos sublíderes que destacan de la manada general (Allee, 1938). Este tipo de relaciones se han observado en diversos animales como insectos, peces, aves, primates y ungulados (Couzin y Krause, 2003).

Se ha demostrado que existen diversos factores que pueden influir en el establecimiento de una jerarquía, como son: la edad en la que se agrupan los animales, peleas de juego, presencia o ausencia de cuernos (en donde una hembra con cuernos puede dominar a un macho sin ellos), experiencia, vínculos de parentesco, tamaño (por su correlación con fortaleza y habilidades de lucha) y sexo, entre otras (Shackleton y Shank, 1984; Orgeur *et al.*, 1990; Meier, 2001; Sisto, 2004; Tölü *et al.*, 2007; Dwyer, 2009).

El “estatus social”, “rango” o “dominancia” se refiere a la posición de un individuo con respecto a otro u otros en una jerarquía, en donde usualmente dicho individuo es clasificado como dominante o subordinado, e incluso de igual estatus, aunque esto es menos común (Hernández, 2005).

Existen variantes en la intensidad de las relaciones dominante – subordinado ya que la dominancia no necesariamente se relaciona a la agresividad; algunos individuos muy grandes o capaces de mostrar posturas impresionantes alcanzan su estatus debido a que son evitados por otros, y de igual manera un animal considerado como subordinado no necesariamente demuestra una conducta de sumisión, sino que pueden mostrar una mayor tolerancia o una evasión activa (Allee, 1938; Hernández, 2005).

De manera general, una vez establecidas las relaciones de dominancia-subordinación tienden a persistir estrategias de emisión de señales, tanto de dominancia como de sumisión, lo cual minimiza los efectos potencialmente perjudiciales de la agresión (Maier, 2001; Couzin y Krause, 2003; Ortiz, 2008; Miranda-de la Lama *et al.*, 2011).

Ventajas y Desventajas del establecimiento de jerarquía

La estabilidad de la jerarquía permite una coexistencia pacífica en la comunidad animal; atenúa la agresión entre coespecíficos y favorece la cooperación, lo cual se refleja en la firmeza del grupo, la cual minimiza el estrés, favorece la sobrevivencia, el crecimiento y la reproducción (Meier, 2001; Uribe, 2009; Price y Orihuela, 2010).

Dentro de los individuos que viven en grupos un estatus social alto les provee diversas condiciones deseables las que influyen en el bienestar y oportunidades biológicas. Por otro lado, una conducta de sumisión puede tener valor adaptativo, ya que animales débiles, jóvenes y/o pequeños pueden beneficiarse del hecho de ser admitidos dentro de un grupo social, además de que existe la posibilidad de que estos individuos asciendan en la escala jerárquica, sobre todo cuando los animales de alto rango mueran o se debiliten (Meier, 2001; Hernández, 2005).

Los animales dominantes suelen tener expectativas de vida más largas y mayor éxito reproductivo, debido en gran medida a que tienen prioridad de acceso a recursos limitados como alimento, agua, lugares confortables y conducta sexual (Meier, 2001; Couzin y Krause, 2003; Hernández, 2005; Tölü *et al.*, 2007; Ehrlenbruch *et al.*, 2010). Se ha observado que cuanto más ventajas reporte ser dominante, los animales lucharán más violentamente por ocupar una posición elevada en la jerarquía (Meier, 2001).

Aunque dentro de la dominancia individual se pueden observar diversos rangos de agresividad que van de completa tolerancia hasta constantes abusos y ataques a los subordinados. En términos generales las interacciones sociales entre animales con frecuencia involucran algún grado de conflicto, por lo que la jerarquía tiene un efecto importante sobre el individuo, ya que animales con un nivel social bajo pueden tener un acceso limitado a la comida, áreas de descanso, reproducción y una inhibición general de la actividad (Sisto, 2004; Hernández, 2005; Andersen y Bøe, 2007; Tölü *et al.*, 2007).

Además, debido a que la actividad del eje hipotálamo – hipofisario – adrenal (HHA) es influenciado también por el nivel social, en la mayoría de especies animales, los niveles de glucocorticoides son frecuentemente más altos en los individuos subordinados, al menos en los que se encuentran sujetos a constantes interacciones agonistas, lo cual se puede interpretar como estrés psicosocial (Santiago-Moreno *et al.*, 2007; Ortiz, 2008).

Una situación en los sistemas de manejo animal que incrementa la posibilidad del comportamiento agresivo es la de mezclar o alojar juntos individuos que no están familiarizados (Price y Orihuela, 2010). Debido a que es común agrupar y reagrupar a los rebaños bajo diversos criterios (edad, requerimientos nutricionales, estado fisiológico, etc.) es común observar un alto nivel de agresión en este tipo de rebaños temporales, debido a que se perturba la estructura social, por lo que los individuos nuevos tienen que encontrar su propio nivel en el rebaño (Sisto, 2004; Andersen *et al.*, 2008; Kjørn, 2012). Este tipo de agresión generalmente es alta durante algunas semanas y gradualmente tiende a desaparecer, por lo que en estas situaciones es muy beneficioso que la relación de dominancia sea rápidamente establecida, ya que se refleja en un menor desgaste de energía al disminuir la agresividad, beneficiando así la producción (Hernández, 2005; Tölü *et al.*, 2007; Price y Orihuela, 2010).

Una alta agresividad afecta el acceso a importantes recursos teniendo efecto sobre el tamaño de los animales, su respuesta inmune, producción láctea y éxito reproductivo (Andersen *et al.*, 2008). Sin embargo, en condiciones intensivas, el establecimiento de la dominancia generalmente se ve afectado por diversos factores como la sobrepoblación, la composición de los rebaños y las limitaciones en cuanto a recursos como alimento, agua y espacio, ya que bajo estas condiciones se ejerce una mayor presión en la organización, debido a que las relaciones sociales involucrarían también competencia y conflictos, aumentando así la incidencia de interacciones agresivas y poniendo en peligro futuras cooperaciones (Sisto, 2004; Miranda-de la Lama *et al.*, 2011).

Jerarquía en rebaños caprinos

Tanto en cabras de montaña como en cabras domésticas, las jerarquías están bien establecidas y suelen ser lineales, en donde un animal domina a todos los demás, un segundo animal domina a todos los demás exceptuando el primero y así sucesivamente. Esto jerarquía se establece a través de una serie de encuentros en los que cada animal se enfrenta individualmente a cada uno de los demás miembros del grupo. Sin embargo este tipo de relaciones suelen ser poco habituales y transitivas, aunque en el caso partículas de los caprinos la dominancia de los rebaños generalmente permanece estable hasta por dos años (Meier, 2001; Ortiz, 2008; Uribe, 2009).

Un alto nivel de agresión en un patrón de comportamiento de “dominancia social” permite disminuir el costo de algunas interacciones agonistas, debido entre otras cosas a que los animales con mayor rango tienden a monopolizar y controlar las relaciones sociales y la cohesión del grupo, pudiendo por ejemplo frenar las interacciones agresivas entre los demás individuos (Fierros, 2009; Miranda-de la Lama *et al.*, 2011).

La relación dominantes – subordinados se establece de forma clara hasta después de la pubertad (8 meses de edad), ya que los cabritos pequeños presentan una alta tolerancia hacia sus coespecíficos, mostrándose a través de una disminución de su espacio personal, lo que en el caso de animales adultos provocaría reacciones agresivas por parte de los animales dominantes (Uribe, 2009; Fierros, 2009).

El establecimiento de una jerarquía social entre los machos trae como resultado la selección del macho dominante (macho alfa) el cual es el responsable de la seguridad del rebaño y de la reproducción de las hembras, en tanto que los demás machos no se reproducen y son considerados como machos periféricos (Sisto, 2004).

En el caso de las hembras, el establecimiento de la dominancia matriarcal se da a través de interacciones tanto afiliativas como agresivas. Tanto en cabras salvajes como domésticas, las de mayor jerarquía, debido en parte a la mejor utilización de los recursos, tienden a tener un mayor peso y circunferencia torácica, muestran mayores ciclos ovulatorios, y tasas de gestación, y que en términos generales, tienen una mayor posibilidad de producir machos en lugar de hembras las cuales tenderían a ser subordinadas (Santiago-Moreno *et al.*, 2007; Tölü *et al.*, 2007; Ortiz, 2008; Miranda-de la Lama *et al.*, 2011).

Las cabras tienden a emplear conductas de amenaza para minimizar la lucha entre individuos, las cuales consisten generalmente en un descenso de la cabeza acompañada del estiramiento del cuello. Sin embargo, si la amenaza falla, los animales pasan a emplear conductas agresivas para demostrar su liderazgo dentro del rebaño (Rutter, 2004).

Interacciones agonistas

Dentro de las sociedades despóticas, los individuos del grupo social tendrán diversas interacciones entre sí, las cuales suelen definirse como afiliativas (favorecen el vínculo social) o agonistas (encuentros agresivos entre dos individuos en donde se definirá un subordinado y un dominante) (Fierros, 2009).

Las conductas agonistas sirven al menos para dos propósitos: para ganar o proteger los recursos y para determinar el mantenimiento de las relaciones de dominancia dentro de un grupo, por lo que su función biológica es ayudar al individuo a ganar un acceso a los recursos (Shackleton y Shank, 1984; Miranda-de la Lama *et al.*, 2011; Kjøren, 2012).

Las interacciones agonistas suelen incrementarse cuando los recursos llegan a ser más limitados, lo cual, el en caso de animales de granja, puede referirse a espacios de comedero o bebedero, acceso a sus crías o echaderos, lugares de descanso y libertad de movimiento; así como durante la época de actividad sexual, en donde tanto hembras como machos compiten con el fin de reproducirse primero (Andersen y Bøe, 2007; Uribe, 2009; Fierros, 2009; Ehrlenbruch *et al.*, 2010).

En el caso del macho dominante, éste se muestra agresivo durante la época reproductiva, ya que los machos agresivos suelen tener más éxito para defender su territorio y atraer a las hembras (Meier, 2001; Sisto, 2004). Los machos suelen participar en impresionantes exhibiciones y peleas que típicamente involucran el choque de cabezas y el combate con cuernos (Schaffer y Reed, 1972; Shackleton y Shank, 1984; Rutter, 2004; Dwyer, 2009). Sin embargo durante el resto del año se deja dominar por la hembra líder del rebaño (reina), que es la líder verdadera, la cual generalmente obtiene su lugar en la jerarquía por tener el mayor número de descendientes, en cuyo caso la dominancia de las madres sobre las crías se mantiene toda la vida (Sisto, 2004).

Las hembras no emplean tan comúnmente este tipo de conductas agonistas, excepto en el caso de las cabras de montaña, puesto que la dominancia suele mantenerse mediante señales más sutiles como el contacto visual o al recargar su mentón sobre la parte posterior de otro animal para desplazarlo. No obstante se ha observado que cuando existen recursos limitados suele haber aumentos de interacciones agresivas; así como durante la primera mitad de la lactancia, en cuyo caso se asocia con el incremento de testosterona en las hembras dominantes, lo cual suele reflejarse en el decremento de la producción láctea de estos animales (Andersen y Bøe, 2007; Dwyer, 2009; Fierros, 2009).

CONFORMACIÓN DE LOS REBAÑOS CAPRINOS

En condiciones naturales, los rebaños pueden variar mucho en cuanto a su tamaño y composición en respuesta a las cuestiones ambientales y características de su población, por lo que se pueden encontrar grupos de entre 2 y 10 individuos y hasta de 100 – 150 individuos cuando se trata de terrenos abiertos (Shackleton y Shank, 1984; Hernández, 2005; Andersen *et al.*, 2011).

En estado natural, las hembras caprinas suelen vivir en comunidades con parentescos matrilineales (hermanas, hijas, sobrinas) ya que los machos se mantienen frecuentemente en grupos sociales separados durante gran parte del año (Shackleton y Shank, 1984; Escós *et al.*, 1993; Calhim *et al.*, 2006).

Durante el parto las hembras suelen alejarse de su rebaño, en cuyo caso es frecuentemente el único periodo en que las hembras se encuentran lejos de la compañía de sus coespecíficos, ya que un periodo de tiempo (uno o varios meses), tanto la madre como su cría se asocian nuevamente con sus coespecíficos formando generalmente pequeños y estables grupos de madres con sus crías y animales jóvenes, en tanto que se ha visto que los machos jóvenes que comienzan a convertirse en dominantes, tanto física como socialmente, sobre las hembras adultas, se separan formando pequeños subgrupos de cuatro o cinco individuos, o viviendo solos. Estos subgrupos permanecen durante gran parte del año, excepto durante la época reproductiva, en donde los machos se reintroducen al rebaño general (Rudge, 1970; O'Brien, 1983; Shackleton and Shank, 1984; Lyons *et al.*, 1993; Dwyer, 2009; Miranda-de la Lama *et al.*, 2011; Kjøren, 2012).

Segregación sexual

La segregación sexual ocurre en muchas especies que incluyen peces, aves, ungulados y primates, es decir que tanto hembras como machos invierten la mayoría de su tiempo en hábitats separados (Hassett *et al.*, 2010). En un gran número de mamíferos sociales se observa la existencia de segregación fuera de la estación reproductiva, y entre ellos se incluye a la mayoría de especies sexualmente dimórficas de ungulados (Ruckstuhl y Neuhaus, 2002; Pérez-Barbería *et al.*, 2005; Calhim *et al.*, 2006; Loe *et al.*, 2006). Este hecho se encuentra influido por diversos factores sociales, espaciales y temporales (densidad poblacional, distribución de los recursos, condiciones medio ambientales, estado reproductivo, etcétera), además de que el propio dimorfismo sexual juega un papel clave en este comportamiento (Grignolio *et al.*, 2007; Hassett *et al.*, 2010).

Para tratar de explicar la segregación sexual en ungulados han surgido diversas hipótesis, las cuales se basan principalmente en las diferencias en cuanto a los requerimientos energéticos y nutricionales, así como estrategias reproductivas y factores sociales (preferencia por convivir con su propio sexo, disminuyendo así la probabilidad de interacciones agonistas entre sexos) (Pérez-Barbería *et al.*, 2005; Grignolio *et al.*, 2007). Además de que en la mayoría de rumiantes el sistema de apareamiento que prevalece es el polígamo, en el cual el éxito reproductivo de los machos depende en gran medida de su tamaño corporal (Loe *et al.*, 2006).

Dentro de las hipótesis, algunas de las que se consideran más promisorias son: la hipótesis de estrategia reproductiva (riesgo de depredación), la hipótesis del dimorfismo sexual – tamaño corporal y requerimientos alimenticios (selección de forraje) y la hipótesis de tamaño corporal y depredación (hipótesis de presupuesto de actividad) (Main *et al.*, 1996; Ruckstuhl y Neuhaus, 2002; Pérez-Barbería *et al.*, 2005; Calhim *et al.*, 2006).

La hipótesis basada en la estrategia reproductiva - riesgo de depredación postula que tanto los machos como las hembras emplean diferentes tipos de estrategias para maximizar su éxito reproductivo, en donde los machos maximizan su condición corporal y las hembras maximizan la expectativa de supervivencia de su progenie, lo cual se deduce debido a que se ha observado que las hembras usan hábitats que incrementan su seguridad, incluso cuando contengan menos recursos alimenticios, ya que independientemente de que exista o no dimorfismo sexual las crías y los animales jóvenes son más pequeños y vulnerables que los adultos (Ruckstuhl y Neuhaus, 2002; Calhim *et al.*, 2006; Loe *et al.*, 2006; Grignolio *et al.*, 2007). Los machos generalmente usan áreas con mayores recursos, incluso si esto involucra un mayor riesgo de depredación, con el objetivo de aumentar su tamaño corporal y ser más competitivos durante el periodo de cría (Grignolio *et al.*, 2007).

La hipótesis de selección de forraje está basada en pruebas de selección de alimentos realizadas en diversas especies. El tamaño corporal, tamaño de la mordida y eficiencia en la digestión de fibra da lugar a diferentes eficiencias en el forrajeo entre sexos (Pérez-Barbería *et al.*, 2005). Esta hipótesis ha cobrado mayor fuerza en el caso de especies no dimórficas ya que se observó que tanto hembras que no se encontraban lactando, como machos, de similar talla corporal generalmente se encontraban en grupos mezclados (Calhim *et al.*, 2006; Ruckstuhl y Neuhaus, 2002).

En el caso de la hipótesis de presupuesto de actividad, ésta sugiere que la segregación sexual surge por las diferencias de los patrones de actividad que a su vez se encuentran relacionados con el dimorfismo del tamaño corporal. Sugiere que las hembras son menos eficientes en la digestión de forrajes debido a la restricción del tamaño del sistema digestivo, por lo que la calidad de las dietas, el tiempo de forrajeo y rumia son diferentes, disminuyéndose así la sincronización de actividades entre machos y hembras (Conradt, 1998; Pérez-Barbería *et al.*, 2005; Calhim *et al.*, 2006; Loe *et al.*, 2006).

Dichas hipótesis fundamentalmente se basan en las diferencias nutricionales operando a través de diferentes mecanismos, aunado al hecho de que las actividades humanas, en general, suelen producir discrepancias cuyas respuestas pueden variar dependiendo del sexo, por lo que tanto el riesgo de depredación como la influencia humana quizás evocan diferentes respuestas conductuales entre y dentro de sexos (Loe *et al.*, 2006; Grignolio *et al.*, 2007).

SEPARACIÓN SOCIAL

La mayoría de los animales de granja y principalmente los ungulados domésticos se consideran altamente gregarios, es decir que existe una gran atracción entre específicos para agregarse y permanecer juntos, independientemente de los factores ambientales, por lo que forman lazos sociales y presentan una fuerte motivación social (Escós *et al.*, 1993; Poindron *et al.*, 1994; Baaren *et al.*, 2002). Este tipo de animales son altamente susceptibles a diversos estímulos sociales, así como a estresores tanto físicos como emocionales, dentro de los cuales la separación y aislamiento social parece ser uno de los más importantes, ya que diversos estudios sugieren que tienden a sufrir una gran ansiedad por separación (Apple *et al.*, 1993; Al-Qarawi y Ali, 2005; Forkman *et al.*, 2007; Lansade *et al.*, 2008; Siebert *et al.*, 2011).

El aislamiento social es antinatural en este tipo de especies por lo que puede llevar, entre otras cosas, a temperamentos no deseados. Sin embargo, con la intensificación de los sistemas de producción la forma de vida de los animales se ha vuelto progresivamente más artificial, ya que hoy en día dentro de las granjas, es común que se aloje a los animales de forma individual (para evitar que se lastimen entre ellos, para prevención de enfermedades, para tratar de asegurar que cada individuo reciba una porción adecuada de alimento ó para controlar la reproducción) (Zito *et al.*, 1977; Price y Thos, 1980; Price y Orihuela, 2010; Winblad von Walter *et al.*, 2010; Miranda-de la Lama y Mattiello, 2010).

Se ha observado que los animales que han sido criados en aislamiento físico de sus congéneres tienden a ser más hiperactivos y mostrar más agresión tanto a otros miembros de su especie como a los humanos en comparación con individuos que han sido criados dentro de un grupo social (Price, 2004; Price y Orihuela, 2010). Conductas similares también se han observado en ratones que han sido expuestos a periodos prolongados de aislamiento social, debido entre otras cosas a que las experiencias estresantes que ocurren en la vida temprana, como el aislamiento social, tienen un gran impacto en el desarrollo del cerebro, la conducta y el temperamento en general (Neumann *et al.*, 2005; Lansade *et al.*, 2008; Lukkes *et al.*, 2009; Pan *et al.*, 2009; Muller *et al.*, 2009; Blodsoe *et al.*, 2011; Colonnello *et al.*, 2011; Hermes *et al.*, 2011; Lopez *et al.*, 2011; Ma *et al.*, 2011; Durier *et al.*, 2012).

Así mismo, la separación súbita de los coespecíficos en este tipo de animales representa un fuerte desafío y evoca conductas características, al igual que cambios fisiológicos, tanto neuroquímicos como hormonales (ya que el comportamiento y/o los cambios sociales conducen a alteraciones hormonales y viceversa) que sugieren estados de estrés, angustia o miedo, por lo que se sabe que la separación social es estresante y su respuesta es conservada a través de las especies que exhiben un

comportamiento social (Watts *et al.*, 2001; Genaro *et al.*, 2004; Kay y Hall, 2009; Ferland y Schrader, 2011; Siebert *et al.*, 2011).

En términos generales, cuando se separa o aísla a un individuo del resto de sus coespecíficos éste reacciona desplegando conductas de tipo ansiogénicas (Price y Thos, 1980; Lyons *et al.*, 1993; Poindron *et al.*, 1997; Ferland y Schrader, 2011). Algunas de las conductas que comúnmente se presentan son el incremento de vocalizaciones, lucha e intentos de escape, pataleos, movimientos erráticos, orina y defecación, así como hiperventilación, incrementos de la frecuencia cardíaca y del cortisol plasmático. Este tipo de respuestas se ha observado en distintos animales, como son: bovinos (Piller *et al.*, 1999; Watts y Stookey, 2001; Watts *et al.*, 2001; Stêhulová *et al.*, 2008), ovejas y cabras (Price y Thos, 1980; Carbonaro *et al.*, 1992; Lyons *et al.*, 1993; Poindron *et al.*, 1994; Poindron *et al.*, 1997; Winblad von Walter, 2010; Siebert *et al.*, 2011; Kjøren, 2012), ciervos (Pollard *et al.*, 1993), cerdos (Schrader y Todt, 1998), equinos (Mal *et al.*, 1991; Lansade *et al.*, 2008; Kay y Hall, 2009) y roedores (Genero *et al.*, 2004; Stowe, *et al.*, 2005; Pan *et al.*, 2009; Colonello *et al.*, 2011), razón por la cual se consideran un indicador de que la separación realmente representa un evento altamente estresante en animales sociales (Watts *et al.*, 2001).

Los caprinos se caracterizan por la cohesividad de sus grupos, por lo que se ha observado que también despliegan de forma muy evidente una serie de cambios conductuales en respuesta a una separación temporal de su compañía social, lo cual en parte pudiera deberse a la formación temprana de los grupos sociales de cabritos (Price y Thos, 1980; Lickliter, 1987).

Algunas de las alteraciones conductuales que han sido observadas en respuesta a la separación social en el caso de los caprinos son: incremento tanto de la frecuencia como de la intensidad de vocalizaciones, así como de la actividad locomotriz en general y de la actividad olfativa; aunque la alteración de estos dos últimos comportamientos no siempre se observa (Price y Thos, 1980; Carbonaro *et al.*, 1992; Siebert *et al.*, 2011). Los cambios en las vocalizaciones se consideran una de las respuestas más conservadas a la separación, y debido a que los caprinos son altamente vocales (probablemente por el tipo de terreno en el que evolucionaron), este comportamiento es sumamente marcado (Siebert *et al.*, 2011; Briefer y McElligott, 2012).

Se sabe que los estados de ánimo o emoción se acompañan generalmente de conductas específicas, como las vocalizaciones, cuyas alteraciones, al menos dentro de este contexto, se pueden relacionar con la respuesta al estrés, ya que por un lado, este comportamiento es controlado a través del sistema límbico, hipotálamo y amígdala, mientras que por otro lado se sabe que el sistema nervioso autónomo (ambos involucrados en la respuesta al estrés) puede influir también en dicha alteración (Schrader y Todt, 1998; Manteoffel *et al.*, 2004).

Así mismo, se han reportado incrementos significativos de las concentraciones plasmáticas de cortisol y glucosa tras periodos de aislamiento en cabras de desierto, lo cual aunado a las alteraciones conductuales, proporciona evidencia para poder categorizar al aislamiento en términos de estrés emocional en estos animales (Niezgoda *et al.*, 1987; Apple *et al.*, 1993; Al-Qarawi y Ali, 2005; Kjøren, 2012).

Las interacciones sociales se consideran un fenómeno complejo, el cual se relaciona substancialmente a las respuestas endócrinas, por lo que las alteraciones sociales o conductuales se reflejan rápidamente en las concentraciones hormonales plasmáticas, por lo que tanto las reacciones conductuales como fisiológicas pueden ser consideradas como medidas de referencia (Manteoffel *et al.*, 2004; Genaro *et al.*, 2004).

La mayoría de estudios realizados en esta área han tomado como referencia las alteraciones provocadas en el eje Hipotalámico-Hipofisario-Adrenal (HHA), el cual ha sido estudiado especialmente en el caso de las relaciones madre - cría, aunque se sabe que también ocurre esto dentro de otro tipo de interacciones sociales en animales adultos, como en el caso del aislamiento social, el cual se encuentra comúnmente asociado con la actividad de dicho eje de manera similar a lo que se observa en respuesta al estrés y ansiedad. Por otro lado, se ha observado que existe una reducción de dicha respuesta cuando los animales se encuentran en presencia de sus coespecíficos (Lyons *et al.*, 1988; Piller *et al.*, 1999; DeVries *et al.*, 2003; Genaro *et al.*, 2004; Bosch *et al.*, 2009; Pan *et al.*, 2009).

En respuesta al estrés por aislamiento suele observarse un gran incremento en las concentraciones plasmáticas de ACTH y cortisol. Si esta respuesta se presenta en forma prolongada puede generar una desregulación del eje HHA, lo cual a su vez ha sido vinculado con conductas de ansiedad, temor y depresión, disminución de la actividad neuroendocrina reproductiva, alteraciones en los ritmos diurnos de cortisol, y enfermedades físicas, como cáncer de mama y ovárico, en donde se observaron incrementos significativos tanto en morbilidad como mortalidad (Apple *et al.*, 1993; Bosch *et al.*, 2009; Hermes *et al.*, 2009; Pan *et al.*, 2009; Wagenmaker *et al.*, 2009; Lutgendorf *et al.*, 2011).

ESTRÉS

El concepto de estrés puede llegar a ser problemático ya que es un término muy amplio. Sin embargo, se puede definir como un estímulo puntual, agresivo o no, percibido como amenazante para la homeostasis, por lo que incluye diversos factores que alteran las funciones fisiológicas, psicológicas o emocionales normales (Kopin, 1995; Duval *et al.*, 2010). Es decir, cualquier perturbación en la homeostasis o el bienestar de un organismo causado por un desafío (estresor), lo cual por consiguiente también implica que el organismo necesita reajustarse (Von Borell, 2001; Reeder y

Kramer, 2005; Stinnett y Seasholtz, 2010). Sin embargo, algunos autores también lo consideran como una incapacidad del animal para acoplarse con su medio ambiente, o como aquella parte del bienestar negativo que involucra el fracaso para poder enfrentar los cambios del ambiente (Dobson y Smith, 2000; Broom, 2004).

A mediados de 1930, el neurobiólogo Hans Selye propuso la definición “moderna” de estrés y sus implicaciones, llegando a la conclusión de que el estrés consistía en una “respuesta no específica del organismo a cualquier desafío”, y en la actualidad hay quien lo considera como una respuesta ya sea real o anticipada a algo que amenaza la homeostasis o el bienestar del individuo (Goeders, 2010; Herman, 2010).

Estresores

Un estresor puede definirse como el evento o fuerza que ocasiona la interrupción del equilibrio u homeostasis, y de manera fisiológica, como un estímulo nocivo que propicia el incremento de la secreción de ACTH (Kopin, 1995; Reeder y Kramer, 2005).

Los estresores pueden ser muy variados, por lo que se emplean diversas clasificaciones, como: físicos, fisiológicos o interceptivos, aunque en la naturaleza usualmente contienen componentes de las tres clasificaciones (Von Borell, 2001). Debido a esto, se pueden llegar a invocar funciones altamente cognitivas como restricciones, cambios ambientales y estrés social (Stinnett y Seasholtz, 2010).

Dentro de los diversos tipos de estresores podemos encontrar estresores ambientales como temperaturas extremas frío-calor, o espacio de asignación y transporte (Nelson, 2000; Reeder y Kramer, 2005; Knott *et al.*, 2008). Dentro de los fisiológicos se considera la privación de comida o agua, desordenes glandulares, enfermedades y carga parasitaria (Nelson, 2000; Ortiz, 2008; Knott *et al.*, 2008). Dentro de los psicológicos o emocionales encontramos a aquellos factores que pudieran provocar miedo, ira, ansiedad o frustración; como peleas, subordinación, exposición a ambientes o ruidos extraños, contención física, separación y aislamiento (Nelson, 2000; Reeder y Kramer, 2005; Ortiz, 2008). Los estresores sistémicos son provocados por estimulación sensorial tal como perturbaciones metabólicas o inmunológicas, cuyos ejemplos incluirían hipoxia, hipoglicemia, inflamación y pérdida de sangre (Reeder y Kramer, 2005; Stinnett y Seasholtz, 2010).

Debido a la diversidad de estresores en la actualidad se acostumbra agrupar al conjunto de estos estímulos nocivos en el término “estrés”, y por tal motivo esta corta palabra implica una gran carga emocional para algo que de otra forma, requeriría muchas palabras para definir (Nelson, 2000; Ganong, 2004).

REGULACIÓN DEL ESTRÉS

El estrés activa un conjunto de reacciones que implican respuestas conductuales y fisiológicas (neuronales, metabólicas y neuroendocrinas) que permiten al organismo responder al estresor de la manera más adaptada posible (Duval *et al.*, 2010).

Al enfrentarse a algún estresor, el organismo de los animales despliega lo que se conoce como “respuesta al estrés” o “cascada de estrés”. La cascada de eventos de la respuesta al estrés comienza cuando un estresor es percibido por el cerebro, mediante diversos detectores sensoriales, los cuales reciben, filtran la información a través del tálamo y la transforman a señales neurales, que posteriormente son transmitidas tanto a los centros cognitivos como no-cognitivos del sistema nervioso (Turner *et al.*, 2002; Von Borell *et al.*, 2007). Después ocurre una programación de la respuesta, en la que interviene la corteza prefrontal (implicada en la toma de decisión, atención y memoria a corto plazo) y el sistema límbico, en donde se analiza la nueva situación y los “recuerdos”, por lo que la respuesta se dará en función a la experiencia; y finalmente, la activación de dicha respuesta se da a través de la amígdala (memoria emocional) y el hipocampo (memoria explícita) (Duval *et al.*, 2010).

El tipo de respuesta puede variar en función tanto al tipo de estresor, como a las respuestas propias del individuo, así como a otros factores como especie, genotipo, etapa del ciclo de vida, estado fisiológico, desarrollo, sexo y etapa reproductiva (Turner *et al.*, 2002; Reeder y Kramer, 2005; Goeders, 2010; Gammie, 2010). No obstante, en términos generales dicha respuesta involucra una serie de eventos mediados tanto por un grupo de estructuras neuroanatómicas como de órganos periféricos que generan los cambios tanto conductuales como fisiológicos necesarios para restablecer un equilibrio (Reeder y Kramer, 2005).

A nivel fisiológico resulta en un incremento de hormona liberadora de corticotropina (CRH), hormona adrenocorticotropica (ACTH) y glucocorticoides a través del eje hipotalámico-Hipofisiario-Adrenal (HHA), así como una variedad de neurotransmisores (norepinefrina, epinefrina, serotonina y dopamina) y otros neuropéptidos (vasopresina, neuropéptido Y, etcétera). Es decir que cuando un animal es expuesto a un estresor, la respuesta biológica involucra diversos sistemas, que incluye el sistema de opioides endógenos y el sistema inmune, lo cual a su vez se ve reflejado principalmente tanto en el sistema cardiovascular como en los cambios de conducta (Schrader y Ladewig, 1999; Knott *et al.*, 2008). La idea básica de esta respuesta es encaminar al organismo a mejorar su habilidad de adaptación e incrementar su supervivencia, aunque si estos estímulos son excesivos o prolongados pueden generar respuestas negativas sobre otras funciones fisiológicas (Möstl y Palme, 2002; Stackpole *et al.*, 2003; Álvarez, 2008; Gammie, 2010; Stinett y Seasholtz, 2010).

La coordinación cerebro – cuerpo se lleva a cabo por medio del sistema nervioso y humoral, por lo que tanto el sistema nervioso simpático (SNS) como el eje Hipotálamo-Hipofisario-Adrenal (HHA) se consideran mediadores primarios (Von Borell, 2001; Reeder y Kramer, 2005; de Kloet *et al.*, 2008; Goeders, 2010; Winblad von Walter, 2010).

La respuesta al estrés comúnmente se divide en dos fases: una fase hipotálamica – corteza adrenal, y una fase simpático – médula adrenal, aunque es muy probable que ambas fases se combinen dando una respuesta mixta (Nwe *et al.*, 1996).

Selye propuso que, en adición a las respuestas homeostáticas específicas y respuestas locales (como inflamación), se incluyera también el síndrome de adaptación general (GAS) provocado por demandas corporales, y cuyo objetivo principal sería el prevenir daños mayores (Kopin, 1995; Von Borell *et al.*, 2007).

El GAS se describe en un curso trifásico que comienza con una fase de alerta o reacción de alarma, en la que el hipotálamo estimula las suprarrenales (zona medular) para secretar adrenalina, cuyo objetivo es suministrar energía en caso de urgencia. La segunda fase es de defensa o resistencia, durante la cual las suprarrenales (zona fascicular) secretan cortisol, cuyo papel es mantener un nivel de glucosa sanguínea constante para nutrir principalmente a los músculos, el corazón y el cerebro. La tercera fase se considera un estado de agotamiento o relajamiento, la cual se instala si la situación persiste y se acompaña de una alteración hormonal crónica, lo que puede llegar a tener un impacto negativo sobre la salud (Assenmacher *et al.*, 1995; Kopin, 1995; Duval *et al.*, 2010).

Respuesta inmediata

La respuesta rápida a estresores es mediada por el sistema simpático adrenal medular el cual involucra al sistema nervioso central (SNC), e incluye liberación de epinefrina desde la médula adrenal, y norepinefrina, desde los nervios simpáticos periféricos (Reeder y Kramer, 2005; Von Borell *et al.*, 2007).

La respuesta simpática ejerce una influencia inmediata sobre una amplia variedad de sistemas, como el cardiovascular, respiratorio, gastrointestinal, renal y endócrino (Duval *et al.*, 2010; Tamashiro y Sakai, 2010).

La activación simpato-adrenal desencadena las respuestas respiratorias y cardiovasculares, también llamada “oleada de adrenalina” que comprende la respuesta clásica de “pelear o huir”, ya que las catecolaminas (epinefrina y norepinefrina) provocan variaciones en el ritmo cardiaco, presión sanguínea y ritmo respiratorio, además de que se puede observar dilatación de las pupilas, adicionalmente a la elevación de los niveles de glucosa en sangre, que actuaría como combustible para las

respuestas de lucha o huida. Además se incrementa un estado de alerta y se estimula el aprendizaje y la memoria. Por esta razón, la activación del SNS y la médula adrenal se asocia principalmente con la respuesta activa al estrés (Nwe *et al.*, 1996; Nelson, 2000; Herman, 2010; Goeders, 2010).

Respuesta tardía

La activación del eje HHA consiste en una interacción compleja y bien regulada entre el cerebro, la glándula pituitaria anterior y la corteza adrenal cuya respuesta pico se observa en un lapso aproximado de entre 10 y 80 minutos tras el estímulo estresor (Toerien *et al.*, 1999; Knott *et al.*, 2008; Herman, 2010; Goeders, 2010; Ferland y Schrader, 2011).

Esta respuesta no se considera parte de la reacción de “pelea o huida”, incluso se considera una respuesta crítica para recuperarse de la respuesta simpática inicial, actuando como límite de los efectos perturbadores de la respuesta inicial al estrés, por lo que la estimulación de dicho eje más bien forma parte de una respuesta pasiva (Nwe *et al.*, 1996; Herman, 2010).

Actualmente se ha propuesto que esta respuesta pituitaria-corteza adrenal actúa específicamente en reacción a estrés psicológico, por lo que algunos autores consideran que la activación del sistema nervioso simpático - medula adrenal aunado a la activación del sistema HHA son las principales respuestas neuroendócrinas asociadas con emociones negativas (Carbonaro *et al.*, 1992; Forkman *et al.*, 2007).

En forma conjunta las hormonas liberadas en respuesta al estrés son esenciales para la sobrevivencia ya que le permiten al animal hacerle frente a las demandas inmediatas tanto internas como externas impuestas por el evento estresante (Romeo, 2010). Algunas de las variaciones hormonales típicas de la respuesta endócrina al estrés, así como el tiempo en el que se presentan pueden observarse en las figuras 1 y 2.

Figura 1. Cambios en los patrones de secreción hormonal en respuesta a un estresor

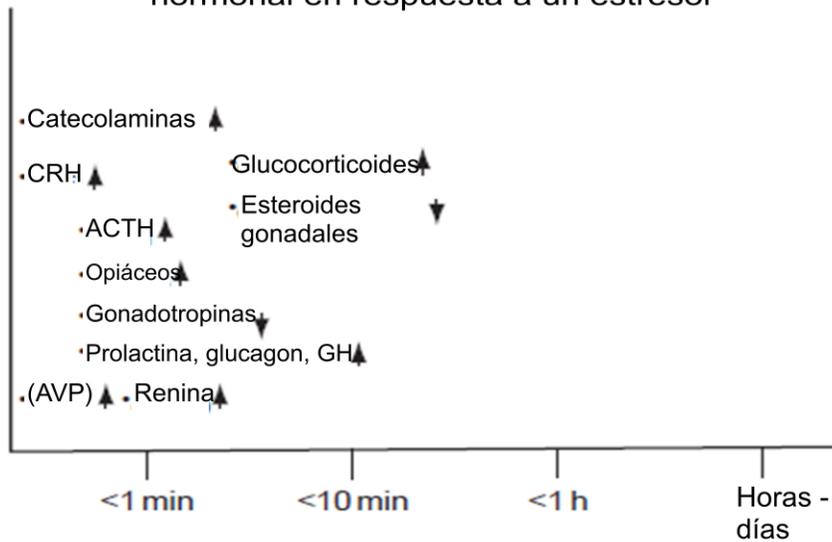
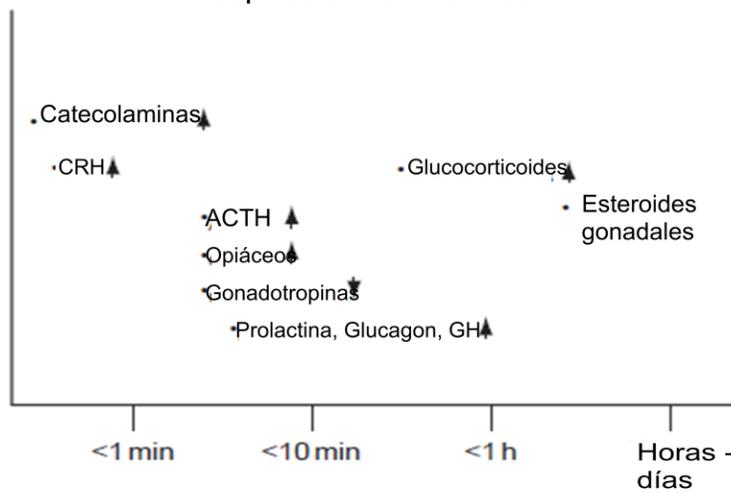


Figura 2. Tiempo de retraso hasta el que comienzan los efectos hormonales en los tejidos blanco en respuesta a una estresor



Hormona liberadora de corticotropina (CRH); Hormona adrenocorticotropica (ACTH); Hormona del crecimiento (GH); Arginina vasopresina (AVP).

Adaptado por Sapolsky *et al.* (2002); citado por Sapolsky (2010).

EJE HIPOTALAMICO - HIPOFISIARIO - ADRENAL (HHA)

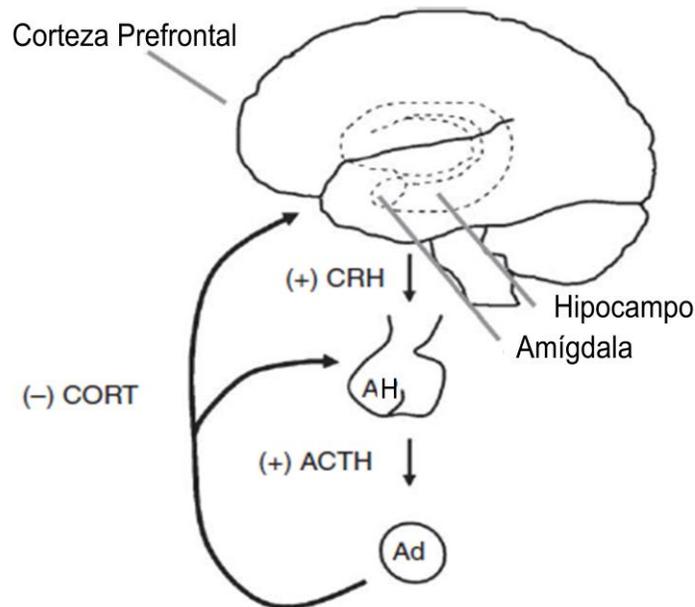
El eje HHA es crucial para el mantenimiento y la restauración de la homeostasis ya que se modula y reacciona en señal al sistema endocrino, neural e inmune, y coordina, entre otras cosas, el comportamiento y la experiencia, lo cual se lleva a cabo principalmente mediante la secreción y acción del CORT. Es dinámico y se modifica en

respuesta a los desafíos (Reeder y Kramer, 2005; Venkataraman et al., 2007; de Kloet et al., 2008).

La función del eje HHA se encuentra íntimamente relacionada con las respuestas fisiológicas encaminadas al mantenimiento y restablecimiento de la homeostasis y es el camino directo para la liberación de hormonas adrenales de respuesta al estrés en la circulación (Venkataraman et al., 2007).

Tras un estímulo estresor, el paso inicial en la activación del eje HHA es la secreción de la hormona liberadora de corticotropina (CRH), la cual se libera hacia la sangre portal hipofisial actuando en los corticotropos de la pituitaria anterior para estimular la liberación de hormona adrenocorticotropica (ACTH), la cual a su vez incrementa la síntesis y liberación de glucocorticoides desde la glándula adrenal, tales como el cortisol en primates y corticosterona en muchas especies de roedores, lo que colectivamente se conoce como CORT (de Kloet et al., 2008; Goeders, 2010; Stinnett y Seasholtz, 2010; Romeo, 2010). Dicha cascada hormonal se muestra en la figura 3. Por lo que dicho eje parece tener un papel importante, no solo como potente regulador bioenergético y antiinflamatorio, sino también como unión clave para los sistemas neuronal, inmunológico y endócrino (Assenmacher et al., 1995).

Figura 3. Esquema del eje Hipotalámico–Hipofisiario–Adrenal y la cascada hormonal inducida por el estrés



Citado por Romeo R, 2010.

Hormona liberadora de corticotropina (CRH)

El factor liberado por el hipotálamo es la hormona liberadora de corticotropina (*corticotropin-releasing-hormone*, CRH), que es un polipéptido que contiene 41 residuos aminoácidos (Feldman y Nelson, 2000; Venkataramen *et al.*, 2007). Es un neuropéptido neurotransmisor/hipotalámico hipofisiotropico que funciona mayormente como mediador fisiológico de la respuesta al estrés en mamíferos (Gutman *et al.*, 2011).

Las neuronas que secretan CRH se localizan mayormente en la subdivisión media parvocelular del núcleo paraventricular (PVN) de la proyección de la zona externa de la eminencia media hipotalámica (Feldman y Nelson, 2000; Goeders, 2010). Tanto las poblaciones de neuronas hipotalámicas como las extra hipotalámicas, que se encuentran distribuidas a lo largo del cerebro, coordinan el comportamiento y los aspectos endócrinos, autonómicos e inmunes de la respuesta al estrés a través de la liberación de dicho neuropéptido hacia la sangre portal adenohipofisial (tanto de manera circadiana como en respuesta a la estimulación neuronal) (Goeders, 2010; Stinnett y Seasholtz, 2010; Gutman *et al.*, 2011). Es importante mencionar que la CRH tiene una vida media plasmática prolongada (alrededor de 60min) (Feldman y Nelson, 2000).

Evidencia experimental obtenida tras la administración de CRH vía intracerebroventricular ha sugerido que ésta no solo se encuentra involucrada en la regulación de la liberación de ACTH, ya que tras su administración se observaron diversos cambios conductuales, similares a los observados en pacientes con desordenes de ansiedad y depresión, los cuales incluyen incremento de ansiedad, disminución del apetito y de la actividad sexual, perturbaciones del sueño y alteración de la actividad locomotriz (Calogero, 1995; Gutman *et al.*, 2011).

También es importante mencionar que la vasopresina también se libera desde las neuronas parvocelulares del PVN, la cual se considera un co-secretagogo de la CRH durante el estrés ya que produce efectos sinérgicos, adicionalmente a que tanto la vasopresina como la oxitocina afectan los comportamientos motivados, entre otras cosas, por miedo (Reeder y Kramer, 2005; de Kloet *et al.*, 2008).

Hormona adrenocorticotropica (ACTH)

La interacción de la CRH con sus receptores localizados en los corticotropos de la pituitaria anterior resulta en la síntesis de corticomelanocorticotropina (POMC), que es una molécula precursora grande de diversos péptidos biológicamente activos, dentro de los cuales se incluye la β -endorfina y ACTH. La ACTH es una hormona peptídica de 39 aminoácidos mediante la cual se controla mayormente la secreción de glucocorticoides a través de la glándula adrenal (Elias y Clark, 2000; Feldman y Nelson, 2000; Reeder y Kramer, 2005; Goeders, 2010).

La ACTH actúa a través de receptores de membrana celular específicos, los cuales se expresan mayormente en glándula adrenal, y en una baja proporción, en piel y tejido adiposo. Su función primaria es estimular la biosíntesis y secreción de glucocorticoides a partir de la corteza suprarrenal, por lo que tanto la secreción basal de glucocorticoides como el aumento inducido por el estrés dependen de la ACTH de la hipófisis anterior (Elias y Clark, 2000; Feldman y Nelson, 2000; Ganong, 2004; Goeders, 2010).

Muchos tipos de tensión estimulan la secreción de ACTH, que a menudo suplanta las fluctuaciones diarias normales, ya que se ha demostrado que tanto la tensión física, emocional o como resultado de sustancias químicas; entre lo que se incluye el dolor, traumatismo, hipoxia, hipoglucemia aguda, exposición al calor, intervenciones quirúrgicas y los pirógenos, estimulan la secreción de ACTH y cortisol (Feldman y Nelson, 2000).

Durante el estrés agudo grave, la cantidad de ACTH secretada puede rebasar la cantidad necesaria para producir la secreción máxima de glucocorticoides, en cuyo caso, los aumentos de secreción de ACTH para cubrir las situaciones de emergencias estarían mediados casi exclusivamente por el hipotálamo a través de la liberación de CRH (Ganong, 2004).

Glucocorticoides

Tras la exposición de un estímulo estresor y el posterior aporte de ACTH de la hormona pituitaria a la corteza suprarrenal (fascicular y reticular) se produce la síntesis y secreción rápida de glucocorticoides. Los glucocorticoides son hormonas esteroideas que se liberan en el cuerpo ejerciendo su acción tanto a nivel cerebral, como de forma periférica, principalmente en estructuras como el hipocampo y la corteza prefrontal (Feldman y Nelson, 2000; Reeder y Kramer, 2005; Ferland y Schrader, 2011).

Las concentraciones plasmáticas de glucocorticoides aumentan en el transcurso de algunos minutos, teniendo una vida media promedio de 70 a 90 minutos (Venkataraman *et al.*, 2007).

Las concentraciones plasmáticas basales de cortisol pueden llegar a ser muy variables ya que son influenciadas por una gran cantidad de factores, entre ellos su naturaleza pulsátil y los turnos circadianos diurnos (Toerien *et al.*, 1999). Tanto el cortisol como la corticosterona (CORT) bajo condiciones basales son secretados en pulsos, de entre 60 y 90 minutos, los cuales se producen en cuestión de algunos pocos minutos y cuya duración es de alrededor de 20 minutos, observándose un aumento en su amplitud durante el periodo de actividad (de Kloet *et al.*, 2008, Duval *et al.*, 2010).

Los glucocorticoides provocan diversos efectos en el organismo, ya que modifican el metabolismo, la función del eje reproductivo, la respuesta inmune, alteran los

parámetros de crecimiento y regulan la respuesta al estrés, razón por la cual juegan un papel importante tanto a nivel basal como post estrés, aunando también el hecho de que promueven la excitación, motivación y rendimiento cognitivo, así como la consolidación de la memoria y el aprendizaje e incrementan la disponibilidad de energía necesaria para estas reacciones, ya que promueve la disponibilidad de sustratos del metabolismo energético y coordinan el apetito y la elección de nutrientes con la energía disponible, por lo que fisiológicamente son esenciales para la salud y el bienestar (Reeder y Kramer, 2005; de Kloet *et al.*, 2008; Ortiz, 2008; Ferland y Schrader, 2011).

La secreción de CORT por acción de un estresor puede llevarse a cabo en cualquier momento (de Kloet *et al.*, 2008). Selye propuso que los corticosteroides que se liberan de manera no-específica desde la corteza adrenal, en respuesta al estrés, ayudan en el mantenimiento de la homeostasis e incrementaban la resistencia a los estresores (Herman, 2010; Dantzer, 2010). Actualmente se sabe que interviene en los cambios tanto metabólicos como energéticos que le permiten al cuerpo responder a los estímulos estresores, además de que ayudan a terminar la respuesta del eje HHA a través de retroalimentación negativa, facilitando así el regreso a la homeostasis, por lo que efectivamente se les confiere un profundo efecto en la adaptación (de Kloet *et al.*, 2008; Duval *et al.*, 2010; Goeders, 2010; Stinnett y Seasholtz, 2010).

El incremento en los niveles de CORT parece facilitar los efectos de movilización de energía por medio tanto del glucagon como de las catecolaminas. Incrementan la gluconeogénesis, debido a que son esenciales para la introducción de diversas enzimas gluconeogénicas, y disminuyen el uso de glucosa modificando la sensibilidad a la insulina e intervienen en el metabolismo de proteínas y grasa (Engelbrecht y Swart, 2000; Reeder y Kramer, 2005; Knott *et al.*, 2008).

Los glucocorticoides inhiben la respuesta inflamatoria a la lesión tisular y suprimen las manifestaciones de enfermedad alérgica secundarias a la liberación de histamina en los tejidos e impiden que los cambios inducidos por el estrés se vuelvan excesivos, debido a la influencia que ejercen sobre la facilitación de la recuperación del organismo y la codificación de la experiencia (Ganong, 2004; de Kloet *et al.*, 2008).

No obstante, estos efectos requieren concentraciones altas, por lo que puede decirse que el estrés induce aumento en los glucocorticoides plasmáticos que a corto plazo salvan la vida, pero que a largo plazo son nocivos (Ganong, 2004).

En el caso de estados fetales se ha observado que una extensa activación del eje HHA suele producir cambios permanentes del desarrollo, entre ellos, en la actividad intelectual y desarrollo del lenguaje, así como respuestas conductuales alteradas a diferentes estímulos, y otros desordenes conductuales como déficits de atención, esquizofrenia, ansiedad y depresión debido a que el cortisol juega un papel importante

en el correcto desarrollo y funcionamiento emocional (Weinstock, 2008; Zimmer *et al.*, 2008; Hamza *et al.*, 2010). Adicionalmente, es común la presentación de anomalías circulatorias y metabólicas, adicionales a los efectos bien conocidos que los niveles crónicos elevados de cortisol provoca sobre el sistema inmune y el metabolismo adicionales a la acción que ejercen sobre otras hormonas como las reproductivas, tiroideas y del crecimiento (Zimmer *et al.*, 2008).

RITMOS BIOLÓGICOS

Todos los animales poseen relojes biológicos endógenos que median los ritmos biológicos, éstos se encuentran comprendidos en cuatro tipos cuyos periodos no varían mucho en condiciones naturales. Los ritmos biológicos imitan los periodos de los ciclos geofísicos de día y noche (circadiano), las mareas (circatidal), las fases de la luna (circalunar) y de las estaciones del año (circaanual), por lo que ayudan en la sincronización de actividades con el medio ambiente, así como con el ambiente social y fisiológico interno, promoviendo la eficiencia (Nelson, 2000; Farreau *et al.*, 2009).

Para poder aclimatarnos, por ejemplo, a los cambios medio ambientales, tenemos un sistema de “RELOJ” (un “reloj” molecular altamente conservado) el cual crea una ritmicidad circadiana interna bajo una fuerte influencia de la información luz/oscuridad, sincronizando así las actividades físicas, tal como conductas motivacionales, consumo de alimentos, metabolismo energético, descanso y sueño (Mohawk *et al.*, 2007; Charmandari *et al.*, 2011).

Los sistemas fisiológicos muestran una amplia variedad de cambios rítmicos, como son: la temperatura corporal, los niveles plasmáticos de potasio, sodio, cortisol, andrógenos, hormona del crecimiento y dopamina, los cuales muestran un marcado ritmo circadiano (Nelson, 2000; Sachan *et al.*, 2011).

El sistema de RELOJ circadiano incluye componentes centrales y periféricos, localizados en el núcleo supraquiasmático (SCN) del hipotálamo, así como en prácticamente todos los órganos y tejidos. El SNC actúa como RELOJ “maestro” bajo la influencia de luz/oscuridad percibida a través de los ojos, mientras que el RELOJ periférico actúa en consecuencia al central. Ambos relojes comparten la misma maquinaria de regulación transcripcional, la cual coordina la activación/inactivación del conjunto de factores de transcripción (Hastings *et al.*, 2007; Charmandari *et al.*, 2011; Sachan *et al.*, 2011).

La hormona ACTH es secretada en brotes regulares durante todo el día y el cortisol plasmático tiende a elevarse y disminuir como respuesta a estos brotes (Ganong, 2004). En individuos con hábitos diurnos normales se observa una secreción pulsátil de

cortisol con variaciones diurnas, cuyos brotes pico son más frecuentes temprano en las mañanas, ya que cerca del 75% de la producción diaria de cortisol ocurre entre las 4:00 y las 10:00am (Toerien *et al.*, 1999; Ganong, 2004; Venkataraman *et al.*, 2007; Duval *et al.*, 2010). Se cree que estos procesos internos quizás sirven para preparar al cuerpo para las actividades que ocurrirán después de despertar, debido a que estos aumentos ocurren durante el periodo del sueño, por lo que no se le adjudican al estrés de levantarse en la mañana. Estas secreciones proveen los niveles energéticos necesarios para comportamientos como la actividad locomotriz, exploratoria y la búsqueda de alimentos (Nelson, 2000; Ganong, 2004; Reeder y Kramer, 2007).

Los glucocorticoides exhiben ritmos tanto circadianos como circanuales los cuales son esenciales en la regulación del balance energético en relación con el medio ambiente, ya que generalmente se acoplan a cambios predecibles tanto bióticos (cambios climáticos), como abióticos (estaciones reproductivas) (Reeder y Kramer, 2005).

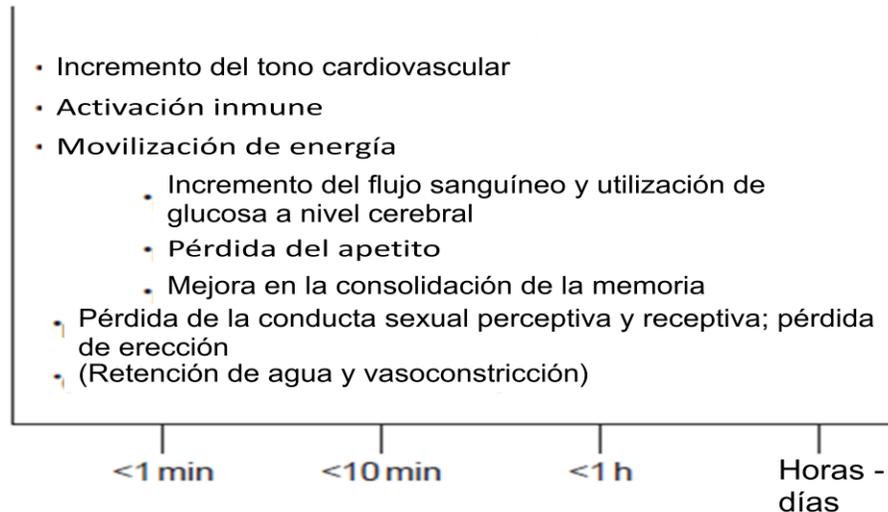
Tanto el sistema de RELOJ circadiano, como la respuesta al estrés mediante el eje HHA son fundamentales para la sobrevivencia, y parecen interactuar el uno con el otro en múltiples niveles (Charmandari *et al.*, 2011).

Respuesta al estrés agudo

Tras la percepción de un evento agudo de estrés, ocurre una cascada de cambios que en términos generales se consideran adaptativos, al menos a corto plazo (Schneiderman *et al.*, 2005).

Entre los cambios se incluye la movilización de energía almacenada, el aumento en la presión sanguínea, ritmo cardíaco y respiratorio, incremento de excitación, estado de alerta y atención, actividad y conductas de frustración, así como aumento en umbrales sensoriales y consolidación de memoria, incremento en la inmunidad, mejora la coagulación e inducción de un estado de analgesia (Stratakis y Chrousos, 1995; Knott *et al.*, 2008; Sapolsky, 2010). Adicionalmente, diversos procesos “innecesarios” son inhibidos, tales como la digestión, secreción de saliva, contracciones estomacales y peristalsis intestinal, el apetito, crecimiento y reparación de tejidos, así como la conducta reproductiva, entre otras (Manteoffel *et al.*, 2004; Reeder y Kramer, 2005; Sapolsky, 2010).

Figura 4. Consecuencias fisiológicas inmediatas de la respuesta al estrés



Adaptado por Sapolsky et al. (2002); citado por Sapolsky (2010).

Una de las respuestas biológicas claves en este caso es el incremento en la velocidad metabólica y el consumo y utilización de energía a través de la alteración de la función del eje HHA (Knott *et al.*, 2008; Arias *et al.*, 2010; Ferland y Schrader, 2011).

Las hormonas del estrés son liberadas para formar reservas energéticas disponibles para su uso inmediato, ya que propician un incremento en la velocidad metabólica por medio del incremento de procesos catabólicos, tales como lipólisis y degradación proteica, así como incremento en la gluconeogénesis (Schneiderman *et al.*, 2005; Knott *et al.*, 2008). Por otro lado surge un nuevo patrón de distribución de energía, la cual se distribuye a través de los órganos mediante el incremento de niveles de presión sanguínea así como contracción y dilatación de vasos sanguíneos, distribuyéndose ésta primordialmente en músculo esquelético y cerebro, ya que son los tejidos más activos durante el estrés (Schneiderman *et al.*, 2005).

La respuesta aguda al estrés es muy benéfica tanto en humanos como en animales debido a que, desde una perspectiva evolutiva se cree que, por un lado, la respuesta cardiaca facilita la adaptación al favorecer el desvío activo de sangre a músculo esquelético, influyendo en la respuesta de “pelea ó huida” ante algún peligro (Schneiderman *et al.*, 2005; Stinnett y Seasholtz, 2010).

Por otra parte, en situaciones en donde la acción decisiva no sería apropiada, ocurre una inhibición del músculo esquelético acompañada de vigilancia, en cuyo caso la respuesta hemodinámica vascular se considera adaptativa, debido a que ocurre

desviación de sangre de la periferia hacia los órganos internos minimizando así un potencial sangrado en caso de un asalto físico. Adicionalmente, en este caso, las células del sistema inmune se activan y migran a las “estaciones de batalla”, es decir, dentro de los tejidos que son más propensos a sufrir daños dentro de una confrontación física (como la piel), en donde, se posicionan para contener a los microbios que pudieran entrar al cuerpo a través de heridas, facilitando así la recuperación (Schneiderman *et al.*, 2005).

De manera general, la finalidad de esta respuesta es ayudar a restablecer la homeostasis (Nelson, 2000). Sin embargo, diversas situaciones tienden a provocar diferentes patrones de respuestas, además de diferencias individuales ante situaciones similares “respuestas estereotipadas”, lo cual, aunado a la inhabilidad del cuerpo para responder adecuadamente al estrés, o debido a exposición prolongada a éste, podemos tener como resultado consecuencias adversas en el bienestar (Schneiderman *et al.*, 2005; Stinnett y Seasholtz, 2010).

Así mismo, la relación entre los diversos estresores psicosociales y enfermedad se ve afectado por la naturaleza, número y persistencia de los estresores así como por la vulnerabilidad biológica individual (Schneiderman *et al.*, 2005).

Respuesta al estrés crónico

La respuesta al estrés agudo puede convertirse en desadaptativa si es repetida o continuamente activada ya que, el organismo entra en una fase de agotamiento, e hipercortisolemia crónica (Schneiderman *et al.*, 2005; Duval *et al.*, 2010).

La estimulación crónica al sistema cardiovascular producido por estrés, conduce a un aumento sostenido de la presión sanguínea así como hipertrofia vascular, que a la larga pueden llevar a un daño arterial, así como a formación de placa (Schneiderman *et al.*, 2005).

El estrés crónico puede ejercer un efecto poderoso sobre la composición corporal, debido principalmente a que la activación crónica del eje HHA conlleva una subsecuente supresión de secreción de hormonas de crecimiento, que en adición al efecto del cortisol sobre los procesos catabólicos y la velocidad metabólica, se asocia a disminución de la velocidad de crecimiento. Es decir, la combinación de los cambios conductuales y las respuestas catabólicas al estrés resultan en la movilización energética y proveen un mecanismo mediante el cual la respuesta al estrés contribuye con una baja eficiencia en la utilización de energía, disminución en la reproducción y productividad y por ende animales poco eficientes (Carbonaro *et al.*, 1992; Knott *et al.*, 2008).

Por otro lado, los niveles basales elevados de las hormonas del estrés, tanto cortisol como catecolaminas, asociadas al estrés crónico también deprimen al sistema inmune al afectar de manera directa los perfiles de citocinas (moléculas de comunicación producidas principalmente por células inmunes), por lo que se le asocia con incrementos en la susceptibilidad a enfermedades (Carbonaro *et al.*, 1992; Nwe *et al.*, 1996; Schneiderman *et al.*, 2005).

La exposición prolongada a glucocorticoides puede ser neurotóxica en estructuras cerebrales vulnerables, como el hipocampo, lo que implicaría una disminución en la neurogénesis, en la síntesis de factores neurotróficos y en la neuroplasticidad, que incluso puede dar como consecuencia muerte de células neuronales. Así mismo, puede propiciar hiperglicemia, resistencia a insulina, atrofia muscular y ósea, pobre cicatrización, hipertensión e inhibición del crecimiento e incluso colapso del sistema inmune hasta el punto de propiciar la muerte (Reeder y Kramer, 2005; Duval *et al.*, 2010)

Se ha sugerido que el estrés crónico y las alteraciones en el eje HHA muy probablemente se encuentren involucrados, como factores de vulnerabilidad, en algunos desordenes psiquiátricos debilitantes y recurrentes, como la depresión e incluso con la propensión a adicciones (Grippe y Johnson, 2009; Goeders, 2010; Ma *et al.*, 2011).

Por lo que los animales que son menos susceptibles al estrés, podrían tener beneficios significativos a nivel producción a través de la reducción de los efectos de la exposición tanto crónica como aguda a estímulos estresantes, lo que conduciría un incremento de la producción a través de un mejor crecimiento, mejora del rendimiento reproductivo y disminución de los índices de enfermedad (Knott *et al.*, 2008).

MEDICIÓN DEL ESTRÉS

El estrés puede monitorearse tanto en términos de alteraciones conductuales (ya, por ejemplo, que ha sido relacionado con algunas conductas estereotípicas), como fisiológicas, dentro de las cuales se puede incluir a los cambios endócrinos del eje pituitario adrenal, a través de la medición de ACTH, corticosteroides o catecolaminas, entre otras (Von Borell, 2001).

La medición de hormonas que varían casi instantáneamente en respuesta a un estresor (CRH, epinefrina y norepinefrina) son difíciles de evaluar, ya sea por que se liberan dentro del SNC (CRH), o bien porque tienen un tiempo de vida media muy breve en la periferia. No obstante, debido las acciones que estas ejercen, la actividad del SNS puede evaluarse indirectamente mediante el monitoreo del ritmo cardiaco o las

fluctuaciones de la temperatura corporal, por ejemplo (Nwe *et al.*, 1996; Reeder y Kramer, 2005).

La actividad del eje HHA es un proceso estandarizado para evaluar las condiciones de estrés (González-de-la-Vara *et al.*, 2011). Las fluctuaciones en las concentraciones plasmáticas de CORT y glucosa, debido a su estrecha relación con la función adrenal, han sido comúnmente empleados como indicadores de estrés, ya que se asume que el grado de estrés impuesto es directamente proporcional a la cantidad de ACTH liberada y por consiguiente a la actividad de la corteza adrenal. Por lo que el incremento en el nivel de cortisol plasmático se ha empleado como punto fisiológico final confiable (Fulkerson y Jamieson, 1982; Apple *et al.*, 1993; Nwe *et al.*, 1996; Winblad von Walter *et al.*, 2010; Ferland y Schrader, 2011).

Sin embargo, debido a que las concentraciones de cortisol en sangre varían debido a diferentes factores como son los ritmos circadianos, ultradianos o anuales, ingesta alimenticia y dieta, temperatura ambiental o humedad, así como debido al manejo y las condiciones fisiológicas, su medición es generalmente irregular y puede llegar a considerarse un tanto difícil de interpretar (González-de-la-Vara *et al.*, 2011). Por otro lado se maneja que la respuesta al estrés se caracteriza por una elevación en los niveles de glucocorticoides que se superpone a la de los ritmos biológicos, por lo que éstos no interferirían de manera drástica en la interpretación (Reeder y Kramer, 2005). No obstante, dicha respuesta también puede depender de otras circunstancias, tal como experiencias pasadas asociadas al agente estresor, así como el grado de adaptación a éste (Fulkerson y Jamieson, 1982).

Así mismo, la respuesta general del cuerpo al estrés también puede ser medida a través de la disminución de la velocidad de crecimiento, la disminución de la eficiencia en la utilización de nutrientes para el crecimiento así como el subsecuente incremento del costo energético que esto le supone al animal para el mantenimiento de la homeostasis (Knott *et al.*, 2008).

OBJETIVOS

Objetivo general

Estudiar el efecto de la separación social en un grupo de machos cabríos jóvenes.

Objetivos particulares

Investigar los comportamientos de reactividad de un grupo de machos cabríos como respuesta a la separación social, así como su relación con los niveles plasmáticos de cortisol.

HIPÓTESIS

Los machos cabríos, al igual que las hembras de esta especie, son gregarios por lo que responden con conductas y niveles hormonales típicos de agitación cuando son separados socialmente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

El presente trabajo se realizó en el módulo de caprinos del Centro de Enseñanza Agropecuaria de la Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán, UNAM, Estado de México. Cuya ubicación geográfica es 19° 14' latitud norte y 99° 14' longitud poniente, con los meridianos 99°88' - 99°45' sur, y a una altitud de 2250 msnm (García, 1973).

Animales

El estudio se realizó en 20 machos caprinos enteros de raza alpino francés, con una edad aproximada de entre 18 y 20 meses de edad los cuales se encontraban en un sistema de estabulación con agua a libre acceso.

Procedimientos experimentales

Prueba de separación social

Se llevó a cabo una prueba de separación social estandarizada, de acuerdo con la metodología descrita por Poindron *et al.* (1997). La primera parte de la prueba consistió en introducir a un macho en un corral de prueba de 2m x 2m con cuadrantes internos de 1m x 1m, dibujado en el piso, durante 5 minutos en presencia de sus coespecíficos. En la segunda parte de la prueba se sacó a los coespecíficos del corral y se observó al macho que se estaba evaluando, por un periodo de 5 minutos. La tercera parte consistió en regresar a los coespecíficos y observar su conducta del macho en cuestión por otros 5 minutos.

Las conductas que se evaluaron fueron las siguientes:

- Frecuencia de vocalizaciones (balidos altos y balidos bajos).
- Frecuencia de actividad locomotora (número de movimientos realizados de un cuadrante a cualquiera de los otros tres cuadrantes dentro del corral de prueba).
- Frecuencia de intentos de escape (se considerará la colocación de los miembros delanteros del animal sobre el corral de prueba, o el hecho de sacar los miembros hacia afuera del corral).
- Frecuencia de olfateos a objetos a coespecíficos.
- Frecuencia de conductas eliminativas (número de micciones y defecaciones).

Los datos fueron tomados por dos observadores y se registraron en hojas previamente formateadas, mientras que una tercera persona se encargaba de mover a los coespecíficos.

Posteriormente se construyeron 3 índices de agitación, similar a lo descrito por Poindron *et al.*, 1997, mediante la sumatoria de los datos estandarizados de las vocalizaciones, cambios de lugar, eliminaciones e intentos de escape, ya que son consideradas una de las principales conductas de ansiedad. El primer índice se elaboró para la primer parte de la prueba, en presencia de sus coespecíficos; el segundo, para

la segunda parte de la prueba, sin los coespecíficos; y el tercero para la parte de la prueba en la que se regresa a los coespecíficos.

Evaluación de niveles de cortisol

Las muestras de sangre se tomaron mediante la utilización de tubos S-Monovette de 7.5ml con aguja calibre 21, vía intravenosa a través de la vena yugular. La toma de las muestras sanguíneas se llevó a cabo empleando dos personas, una de las cuales sujetaba al animal mientras que la otra tomaba la muestra sanguínea. El muestreo se llevó a cabo durante un periodo de 120 minutos en total, realizando las tomas de sangre a intervalos de 10 minutos entre toma y toma.

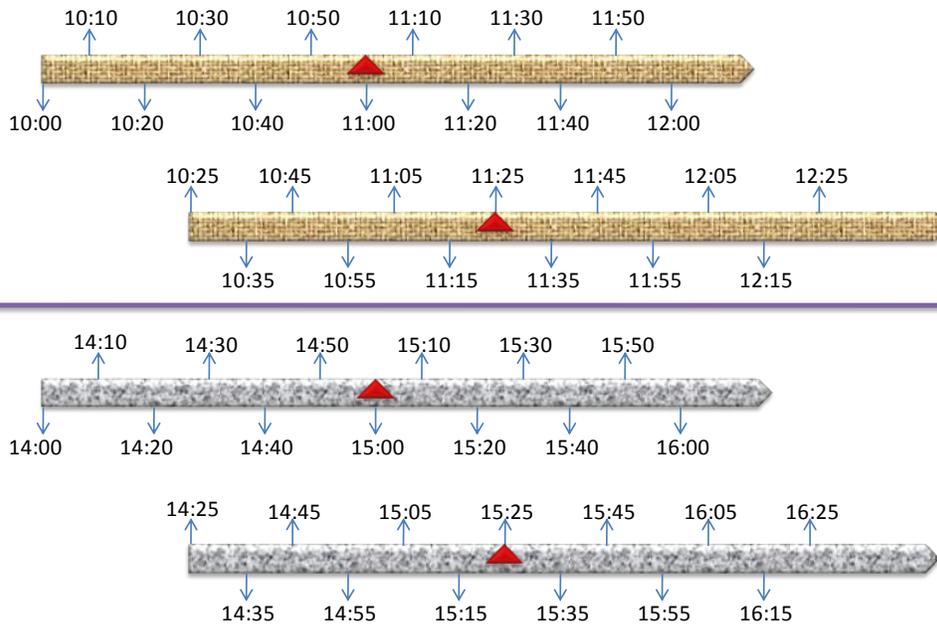
Las muestras se tomaron por venipunción debido a que los sujetos experimentales se encontraban juntos durante todo el experimento y solamente el sujeto experimental en cuestión era llevado al corral de prueba al momento de la misma, por lo cual no fue posible colocar cánulas, ya que en un experimento previo en el que se habían colocadas cánulas, los animales se las arrancaron.

Con el objetivo de verificar el efecto de la manipulación y venipunción, las muestras se comenzaron a tomar una hora antes de llevar a cabo la prueba de separación social y hasta una hora después de dicha prueba, con el objetivo de comparar los cambios en los niveles de cortisol de acuerdo con lo reportado por Möstl y Palme (2002), por la separación social.

La toma de muestras se llevó a cabo entre las 10:00 y las 15:00 h (2 animales entre las 10:00 y las 12:30 h y 2 animales entre las 12:00 y 14:30 h aproximadamente) realizando así la prueba para 4 animales por día (hasta realizar las pruebas en los 20 animales), considerando también que en este horario los animales ya habían comido.

Aunque los muestreos se realizaron en dos horarios diferentes, ambos fueron vespertinos, y de acuerdo con estudios previos publicados por Eriksson y Teräväinen (1989) y Ortiz (2008), la liberación circadiana de cortisol no es un factor relevante en estos horarios.

Cronograma de intervalo de las tomas de muestra



▲ = Señala el momento en el que se realizó la prueba de separación social.

La obtención de los niveles hormonales de las muestras se llevó a cabo mediante la técnica de ELISA.

Análisis Estadístico

Los datos de la prueba conductual fueron analizados mediante pruebas estadísticas no paramétricas utilizando las pruebas de Friedman y Wilcoxon para comparar las variables entre las diferentes situaciones de prueba (Siegel, 1988).

Para el análisis de los cambios en los niveles hormonales, debido a que un primer análisis de los resultados mostró que la distribución no era normal, se empleó la prueba de Friedman, que equivale a un ANOVA de medidas repetidas en versión no paramétrica; en tanto que para identificar las diferencias entre pares de muestras se empleó la prueba de Wilcoxon.

Para el análisis estadístico se empleó el paquete estadístico SYSTAT, versión 10.0

RESULTADOS

Prueba de separación social

La respuesta a la separación social fue mayor en la parte de la prueba en que los machos se quedaban sin sus coespecíficos. Los resultados se encuentran resumidos en la tabla 1.

Tabla 1. Respuestas conductuales a la separación social en machos caprinos jóvenes.

	Con compañeros	Sin compañeros	Regreso de compañeros
Frecuencia de Balidos altos N=17	2.7 ± 1.6 a	83.8 ± 6.7 b	3.9 ± 1.4 a
Frecuencia de Balidos bajos N=17	4.0 ± 1.5	8.6 ± 2.7	6.0 ± 1.4
Frecuencia de eliminaciones N=17	0.9 ± 0.3	1.0 ± 0.3	0.2 ± 0.2
Frecuencia de olfateo a coespecíficos N=17	0 a		0.4 ± 0.3 b
Frecuencia de olfateo a objetos N=17	12.6 ± 1.7 a	4.1 ± 0.8 b	6.5 ± 1.1 b
Frecuencia de cambios de lugar N=17	18.8 ± 2.0	17.3 ± 2.7	15.5 ± 2.4
Frecuencia de intentos de escape N=17	1.3 ± 0.4 a	5.2 ± 0.9 b	2.4 ± 0.5 a

La tabla muestra los valores de las medias y el error estándar en cada caso.

Literales diferentes significa que existen diferencias significativas entre diferentes partes de la prueba de Wilcoxon a $P < 0.05$.

Frecuencia de vocalizaciones

Balidos altos

La frecuencia de las vocalizaciones de tono alto fue significativamente diferente entre las tres partes de la prueba ($P < 0.0001$, Prueba de Friedman).

En este sentido, la frecuencia de estas vocalizaciones fue menor en la parte de la prueba con coespecíficos en comparación a la parte sin coespecíficos ($P < 0.001$, Prueba de Wilcoxon). Sin embargo, no existieron diferencias entre la parte de la prueba con compañeros y cuando estos se regresaban ($P > 0.11$, Prueba de Wilcoxon). La frecuencia de vocalizaciones sin compañeros fue significativamente mayor que en la parte en la que se regresaron ($P < 0.0001$, Prueba de Wilcoxon).

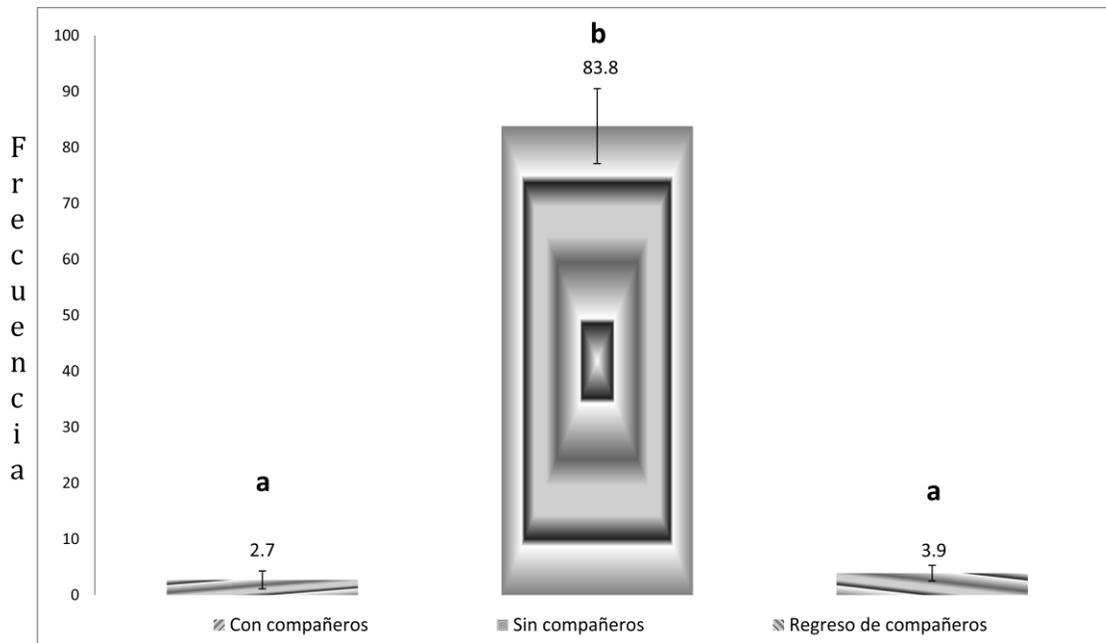


Figura 5. Frecuencia de vocalizaciones de tono alto en respuesta a la prueba de separación social.

Distintas letras en la gráfica representan diferencias significativas entre las partes de la prueba ($P < 0.0001$, Prueba de Friedman), $N = 20$.

Balidos bajos

La frecuencia de las vocalizaciones de tono bajo no mostró diferencias significativas entre las tres partes de la prueba ($P > 0.46$, Prueba de Friedman).

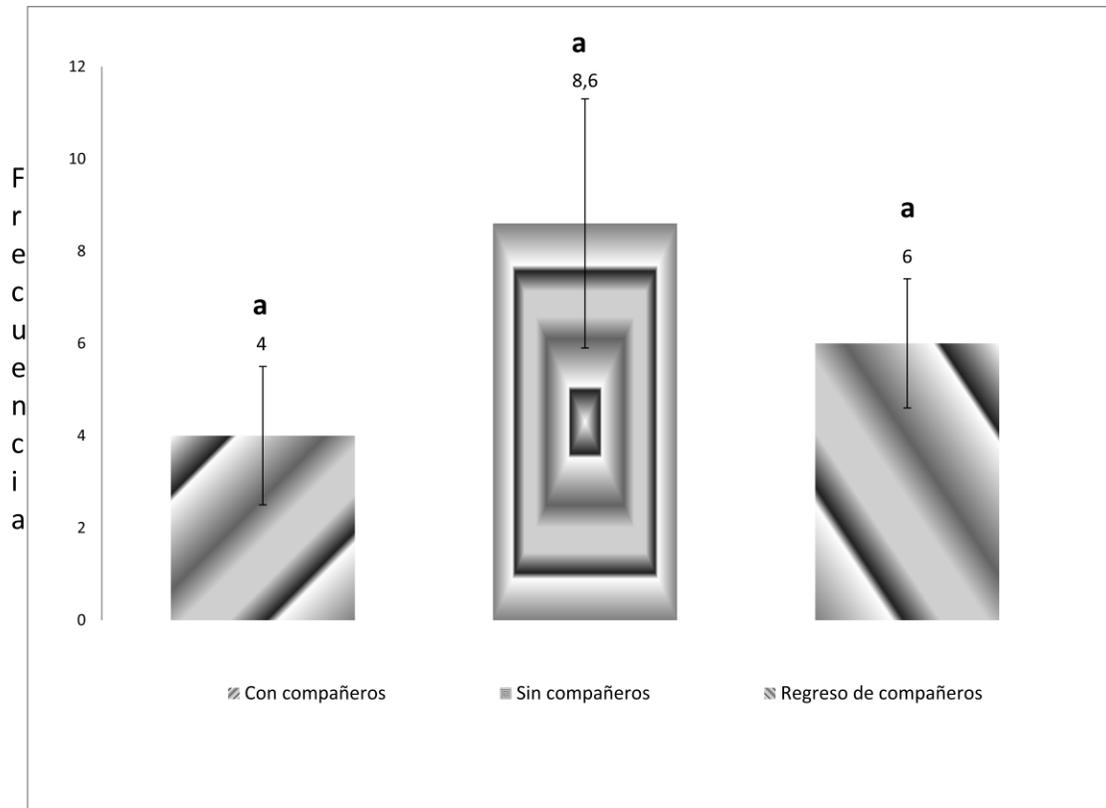


Figura 6. Frecuencia de vocalizaciones de tono bajo en respuesta a la prueba de separación social.

n/s = no significativo, N=20.

Conductas eliminativas

La frecuencia de las eliminaciones no mostró diferencia significativa entre las tres partes de la prueba ($P < 0.26$, Prueba de Friedman).

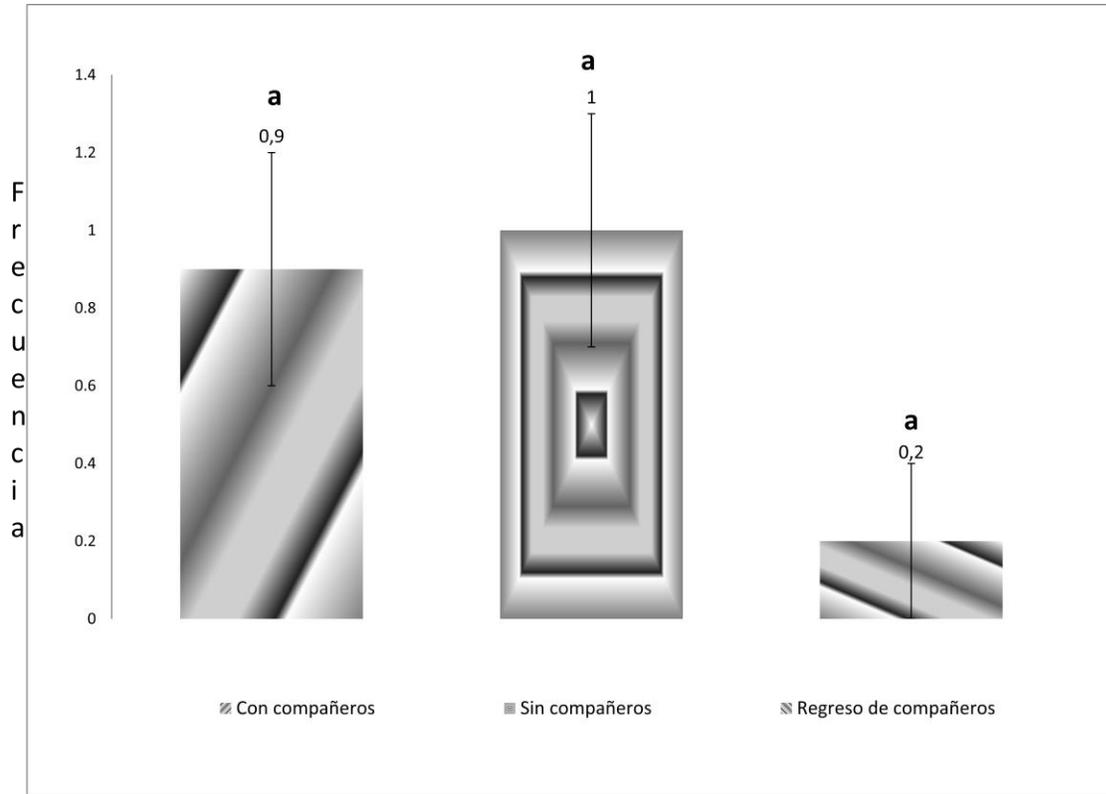


Figura 7. Frecuencia de eliminaciones en respuesta a la prueba de separación social.

n/s = no significativo, N=20.

Conductas olfativas

Olfateo a objetos

La frecuencia de los olfateos a objetos fue significativamente diferente entre las tres partes de la prueba ($P < 0.002$, Prueba de Friedman). En este sentido, la frecuencia de olfateos fue mayor cuando el sujeto experimental estaba en presencia de sus coespecíficos en comparación de la parte en la que se encontraba sin ellos ($P < 0.0001$, Prueba de Wilcoxon). Así mismo, la frecuencia de los olfateos a objetos fue mayor cuando el sujeto se encontraba con sus compañeros en comparación a la parte en la que estos regresaron ($P < 0.0001$, Prueba de Wilcoxon). En el caso de las partes en la que el sujeto se encontraba sin sus compañeros y cuando estos regresaron, la frecuencia de olfateos no mostró una diferencia significativa ($P > 0.15$, Prueba de Wilcoxon).

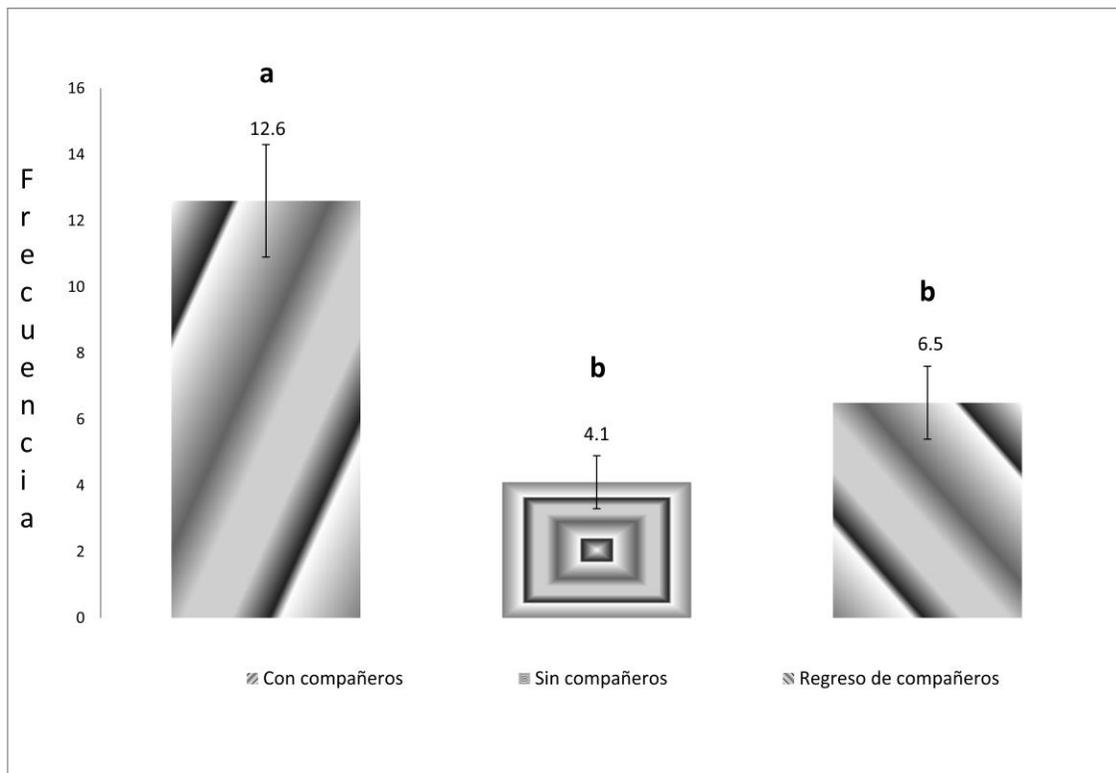


Figura 8. Frecuencia de olfateos a objetos en respuesta a la prueba de separación social.

Distintas letras en la gráfica representan diferencias significativas entre las partes de la prueba ($P < 0.002$, Prueba de Friedman), $N = 20$.

Olfateos a coespecíficos

La frecuencia de los olfateos a coespecíficos fue significativamente diferente entre las partes de la prueba en presencia de coespecíficos y cuando estos se regresaron al corral ($P < 0.039$, Prueba de Wilcoxon). En este sentido, la frecuencia de los olfateos fue menor en la parte de la prueba con coespecíficos en comparación a la parte en la que se regresó a los coespecíficos.

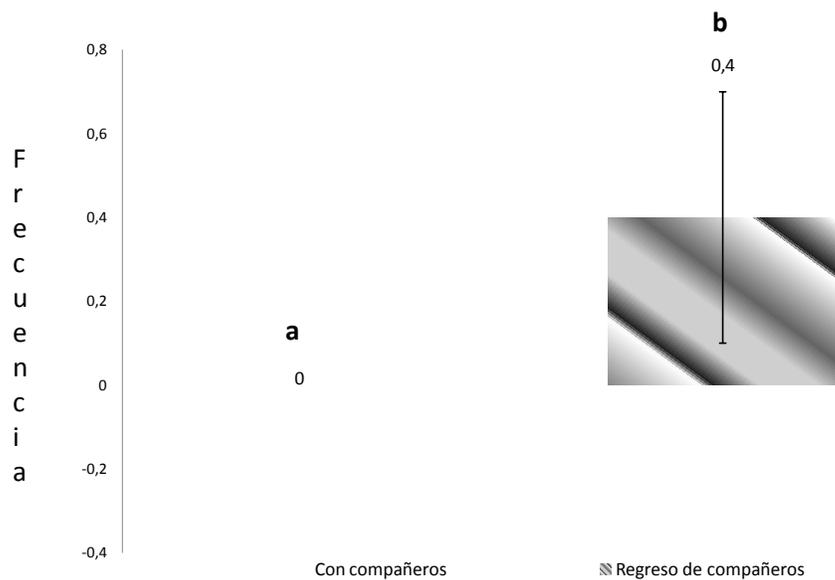


Figura 9. Frecuencia de olfateos a coespecíficos en respuesta a la prueba de separación social.

Distintas letras en la gráfica representan diferencias significativas entre las partes de la prueba ($P < 0.039$, Prueba de Wilcoxon), $N=20$.

Actividad locomotora

Cambios de lugar

La frecuencia de los cambios de lugar o número de cuadros cruzados por el sujeto experimental no mostró ninguna diferencia significativa entre las tres partes de la prueba ($P < 0.029$, Prueba de Friedman).

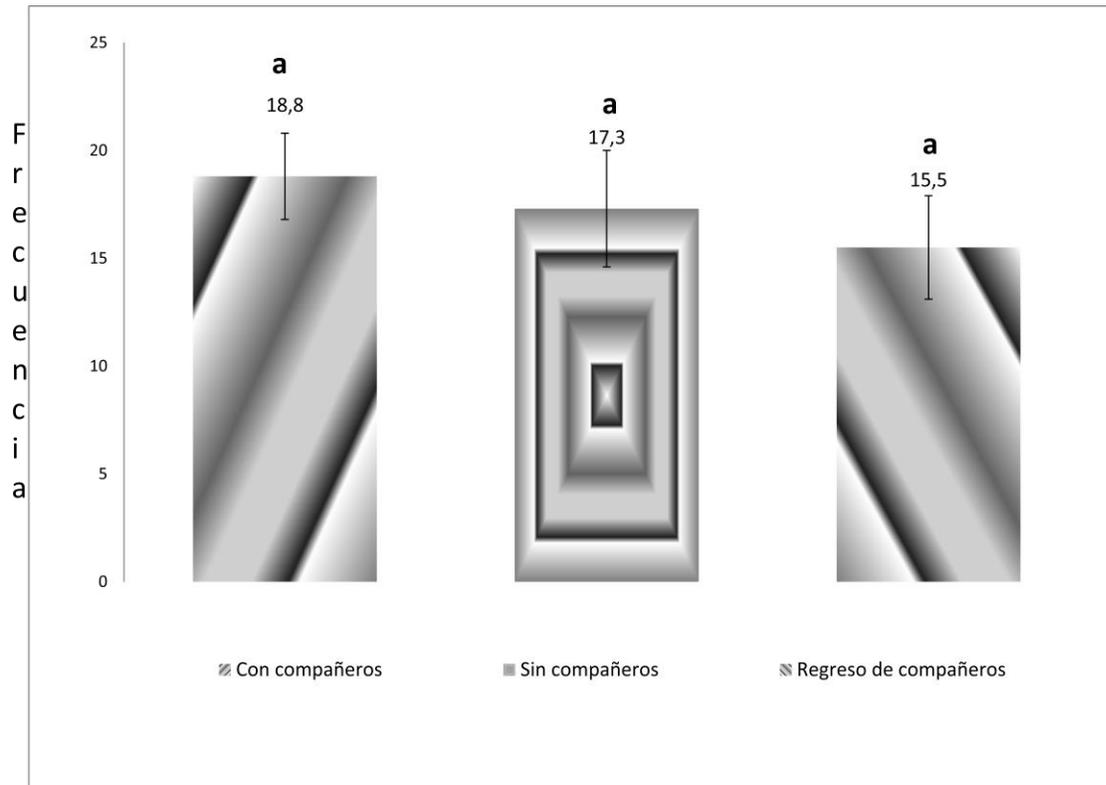


Figura 10. Frecuencia de cambios de lugar en respuesta a la prueba de separación social.

n/s = no significativo, N=20.

Intentos de escape

La frecuencia de los intentos de escape fue significativamente diferente entre las tres partes de la prueba ($P < 0.002$, Prueba de Friedman). En este sentido, la frecuencia de los intentos de escape fue menor en la parte de la prueba con coespecíficos en comparación a la parte sin coespecíficos ($P < 0.001$, Prueba de Wilcoxon). La frecuencia de los intentos de escape no mostró una diferencia significativa en parte de la prueba con coespecíficos en comparación a la parte en la que se regresaba a los coespecíficos ($P < 0.11$, Prueba de Wilcoxon), de manera contraria, se encontró una mayor frecuencia de intentos de escape en el caso en el que el sujeto se encontraba sin sus compañeros en comparación a la parte en la que estos se regresaban ($P < 0.0001$, Prueba de Wilcoxon).

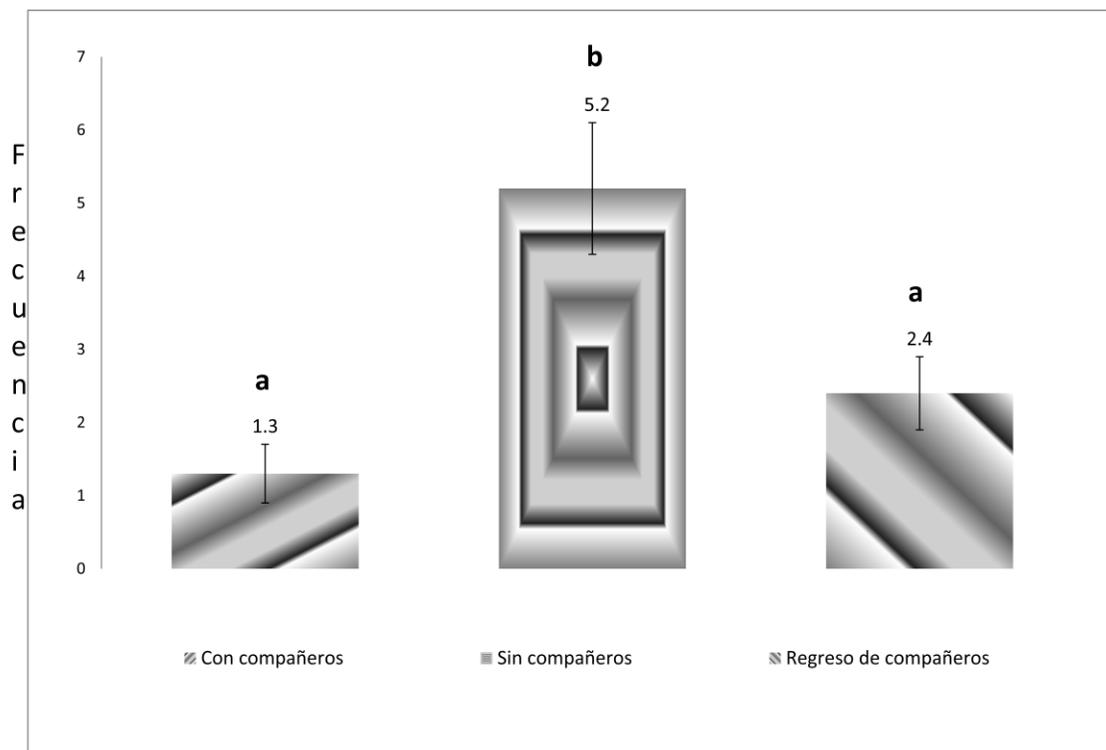
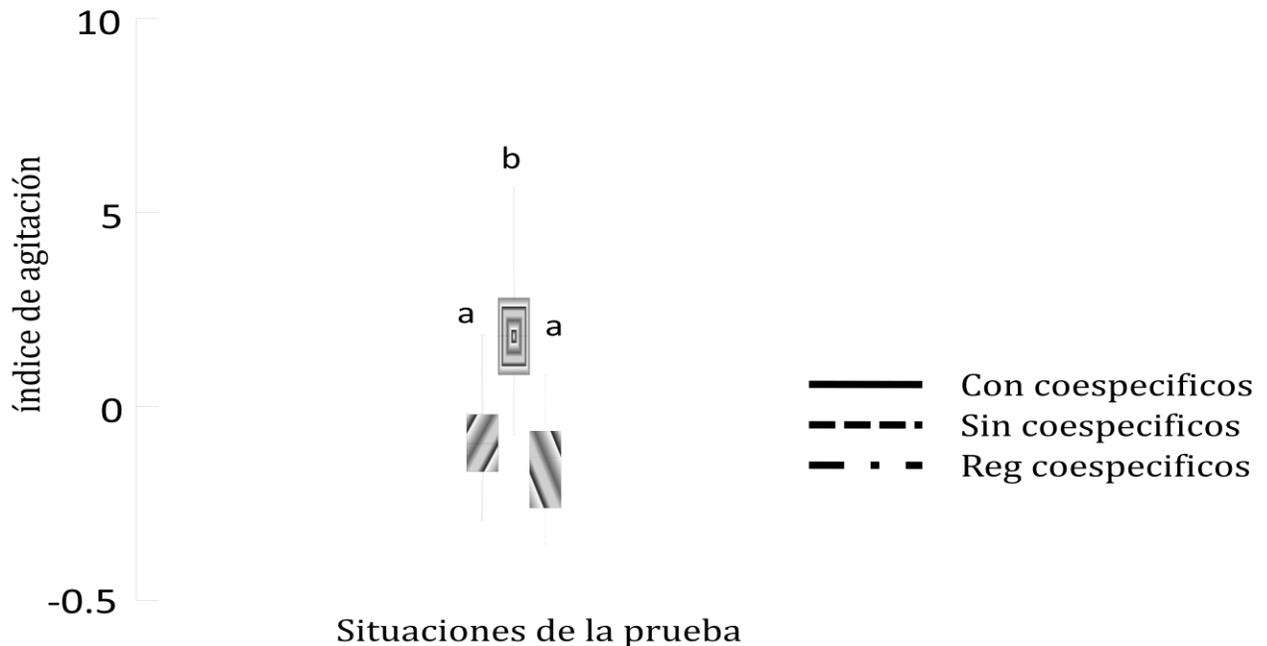


Figura 11. Frecuencia de intentos de escape en respuesta a la prueba de separación social.

Distintas letras en la gráfica representan diferencias significativas entre las partes de la prueba ($P < 0.002$, Prueba de Friedman), $N = 20$.

Índices de agitación

Los índices de agitación fueron significativamente diferentes entre ellos ($P < 0.0001$, Prueba de Friedman). En este sentido el índice de agitación con coespecíficos fue significativamente menor que el índice de agitación sin coespecíficos ($P < 0.001$, Prueba de Wilcoxon), y no mostro diferencias significativas con el índice de agitación en la parte de la prueba en la que se regresaban a sus coespecíficos ($P > 0.2$, prueba de Wilcoxon). Por el contrario, el índice de agitación de la segunda parte de la prueba, sin coespecíficos, fue significativamente mayor que el índice de agitación en el que se regresaban a los coespecíficos ($P < 0.001$, Prueba de Wilcoxon).



Distintas letras en la gráfica representan diferencias significativas entre las partes de la prueba ($P < 0.0001$, Prueba de Friedman).

Figura 12. Índices de agitación de cada una de las tres partes de la prueba de separación social.

RESULTADOS DE LOS NIVELES DE CORTISOL EN RESPUESTA A LA PRUEBA DE SEPARACIÓN SOCIAL

Los niveles de cortisol fueron significativamente diferentes entre los diferentes tiempos de las tomas de las muestra ($P < 0.0001$, Prueba de Friedman). Dichos resultados pueden observarse en la tabla 2.

Tabla 2. Valores de cortisol plasmático obtenidos de los 20 machos caprinos.

Tiempo de la toma de muestra	0 min	10 min	20 min	30 min	40 min	50 min	60 min	70 min	80 min	90 min	100 min	110 min	120 min
Media \pm error estándar	0.79 \pm 0.24	0.94 \pm 0.24	0.99 \pm 0.24	1.23 \pm 0.24	1.30 \pm 0.24	1.05 \pm 0.24	0.98 \pm 0.24	1.25 \pm 0.24	1.45 \pm 0.24	1.20 \pm 0.24	1.12 \pm 0.24	1.00 \pm 0.24	1.07 \pm 0.24
Mediana	0.48	0.75	0.79	0.84	0.93	0.75	0.74	0.88	1.13	0.82	0.89	0.75	0.63
Rango	5.62	4.09	2.77	3.56	4.64	3.19	2.89	8.22	5.72	5.55	4.21	4.28	6.71

La tabla muestra los valores de las medias y el error estándar, la mediana y el rango para cada tiempo, obtenidos pruebas de Friedman.

Resultados de los niveles de cortisol una hora antes de la separación social

Los niveles de cortisol resultaron ser menores en el tiempo 0, con respecto a todos los demás tiempos ($P < 0.01$, Prueba de Wilcoxon). En este sentido los niveles de cortisol del tiempo 10 fueron significativamente menores a los del tiempo 40 (0.09 ± 0.02 vs 1.3 ± 0.02 , $P < 0.05$, Prueba de Wilcoxon). Por el contrario los niveles de cortisol del minuto 40 fueron significativamente mayores que los observados a los 50 y 60 (1.3 ± 0.02 vs 1.05 ± 0.02 ; 1.3 ± 0.02 vs 0.98 ± 0.02 , $P < 0.001$, Prueba de Wilcoxon).

Resultados de los niveles de cortisol durante y después de la prueba de separación social

Los niveles de cortisol en el tiempo 60 (en el cual se realizó la prueba de separación social) fueron significativamente menores que al minuto 40 (0.98 ± 0.02 vs 1.3 ± 0.02 , $P < 0.001$, Prueba de Wilcoxon), pero no mostraron diferencias significativas con respecto a los niveles del tiempo 70 (0.98 ± 0.02 vs 1.25 ± 0.02 , $P < 0.6$, Prueba de Wilcoxon). Por el contrario mostraron diferencias con respecto al tiempo 80 (0.98 ± 0.02 vs 1.45 ± 0.02 , $P < 0.008$, Prueba de Wilcoxon) que también fue significativamente mayor.

Los niveles de cortisol en el tiempo 80 resultaron ser significativamente mayores que los observados en los minutos 90, 100, 110 y 120 (1.45 ± 0.2 vs 1.20 ± 0.2 ; 1.45 ± 0.2 vs 1.12 ± 0.2 ; 1.45 ± 0.2 vs 1.00 ± 0.2 ; 1.45 ± 0.2 vs 1.07 ± 0.2 , $P < 0.003$, Prueba de Wilcoxon). Por otro lado, los niveles del tiempo 90 no mostraron diferencias significativas con los del tiempo 100, pero si con los tiempos 110 y 120 (1.20 ± 0.02 vs 1.00 ± 0.02 ; 1.20 ± 0.02 vs 1.07 ± 0.02 , $P < 0.05$, Prueba de Wilcoxon), ya que fueron significativamente mayores.

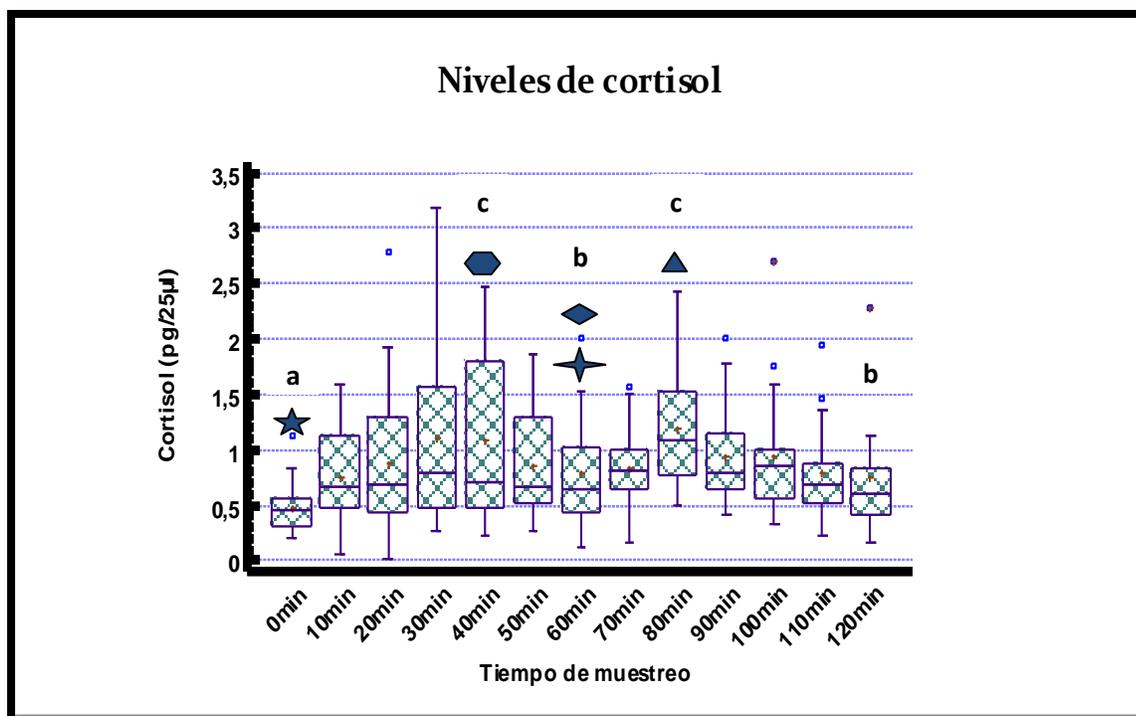


Figura 13. Niveles de cortisol de los 20 machos caprinos a lo largo del tiempo de muestreo.

Literales diferentes representan diferencias significativas entre los distintos tiempos de muestreo ($P < 0.05$, Prueba de Wilcoxon), $N = 20$.

✦ = Tiempo en el que se llevó a cabo la prueba de separación social.

★ = Medición inicial (nivel más bajo)

⬡ = Pico máximo de la primera curva (minuto 40)

◆ = Nivel más bajo entre curvas (minuto 60)

▲ = Pico máximo de la segunda curva (minuto 80)

Patrones de respuesta

Al observar las respuestas de los niveles de cortisol en forma individual se pudieron observar tres patrones de respuesta en los machos. Los cuales se pueden ver en las figuras 10, 11 y 12, que se presentan a continuación.

La gráfica de la figura 14 muestran los datos agrupados de los animales que presentaron dos curvas de respuesta.

Los niveles de cortisol en este caso fueron significativamente diferentes entre los diferentes tiempos de las tomas de las muestra ($P < 0.0001$, Prueba de Friedman).

Los niveles de cortisol en el tiempo 0 fueron significativamente menores a los del tiempo 10 (0.50 ± 0.09 vs 0.90 ± 0.25 , $P < 0.01$, Prueba de Wilcoxon). Por otro lado, los niveles de cortisol del tiempo 10 no mostraron diferencia significativa con los de los tiempos 20, 30, 40 y 50 ($P < 0.30$, Prueba de Wilcoxon). Sin embargo, resultaron ser significativamente mayores a los obtenidos en el tiempo 50 y 60 (0.90 ± 0.25 vs 0.69 ± 0.12 ; 0.90 ± 0.25 vs 0.72 ± 0.18 , $P < 0.05$, Prueba de Wilcoxon).

Los niveles de cortisol del tiempo 60 resultaron ser significativamente menores que los obtenidos en los tiempos 80, 90 y 100 (0.72 ± 0.18 vs 1.34 ± 0.17 ; 0.72 ± 0.18 vs 1.10 ± 0.15 ; 0.72 ± 0.18 vs 1.05 ± 0.22 , $P < 0.05$, Prueba de Wilcoxon). Los niveles de cortisol en el tiempo 80 resultaron ser significativamente mayores con respecto a todos los demás tiempos ($P < 0.04$, Prueba de Wilcoxon).

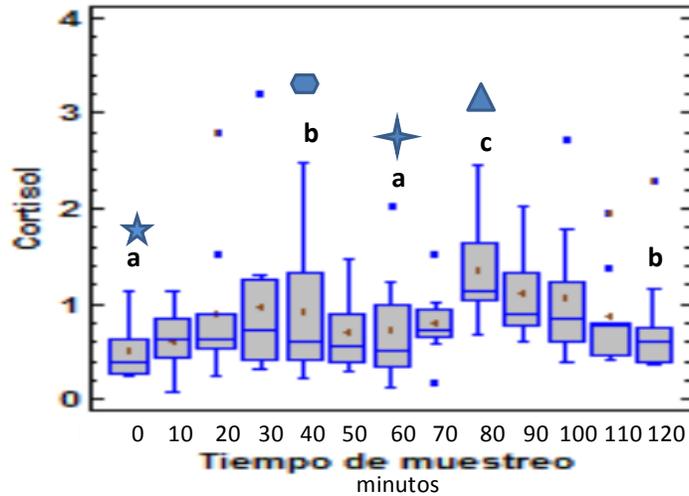


Figura 14. Gráfica que muestra dos curvas de respuesta marcadas en los niveles de cortisol.

Literales diferentes representan diferencias significativas entre los distintos tiempos de muestreo ($P < 0.05$, Prueba de Wilcoxon), $N=10$.

★ = Tiempo en el que se llevó a cabo la prueba de separación social.

★ = Medición inicial

⬡ = Pico máximo de la primera curva (minuto 40)

▲ = Pico máximo de la segunda curva (minuto 80)

La gráfica de la figura 15 muestra los resultados de los animales que presentaron una sola curva de respuesta al inicio del muestreo.

Los niveles de cortisol en este caso fueron significativamente diferentes entre los diferentes tiempos de las tomas de las muestra ($P < 0.0001$, Prueba de Friedman).

En este caso, los niveles de cortisol obtenidos en el tiempo 0 resultaron ser significativamente menores con respecto a los del tiempo 10 (0.49 ± 0.06 vs 1.07 ± 0.15 , $P < 0.02$, Prueba de Wilcoxon). Los niveles de cortisol del tiempo 10 resultaron ser significativamente menores a los de los tiempos 20, 30 y 40 (1.07 ± 0.15 vs 1.38 ± 0.21 ; 1.07 ± 0.15 vs 1.57 ± 0.26 ; 1.07 ± 0.15 vs 1.55 ± 0.24 , $P < 0.04$, Prueba de Wilcoxon).

Respecto a los niveles de cortisol del tiempo 40, estos mostraron una tendencia a ser mayores con respecto a los del tiempo 50 (1.55 ± 0.24 vs 1.28 ± 0.20 , $P < 0.11$, Prueba de Wilcoxon) y resultaron ser significativamente mayores a los niveles obtenidos en los tiempos 60, 70, 80, 90, 100, 110 y 120 ($P < 0.04$, Prueba de Wilcoxon).

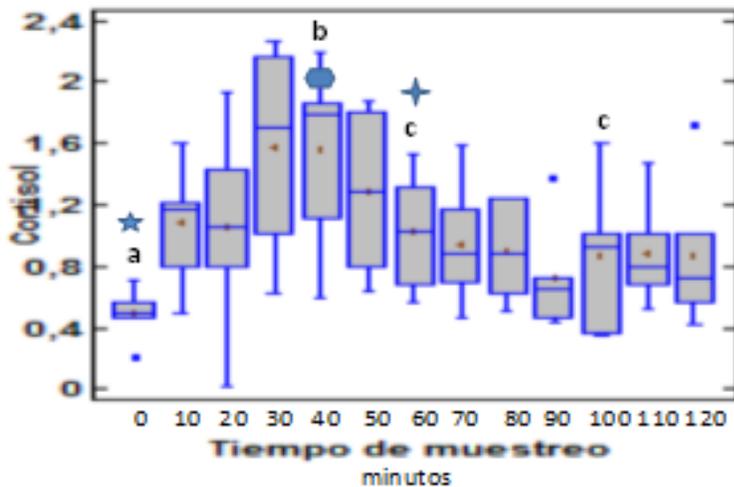


Figura 15. Gráfica que muestra una curva al inicio del muestreo en los niveles de cortisol.

Literales diferentes representan diferencias significativas entre los distintos tiempos de muestreo ($P < 0.04$, Prueba de Wilcoxon), $N = 6$.

★ = Tiempo en el que se llevó a cabo la prueba de separación social.

★ = Medición inicial

● = Pico máximo de la curva (minuto 40)

La gráfica de la figura 16 muestra los resultados de los animales que solo presentaron una sola curva de respuesta.

Los niveles de cortisol en este caso no mostraron diferencias significativas entre los tiempos de muestreo debido a que el número de individuos que presentaron este tipo de respuesta fue muy reducido ($P < 0.41$, Prueba de Friedman).

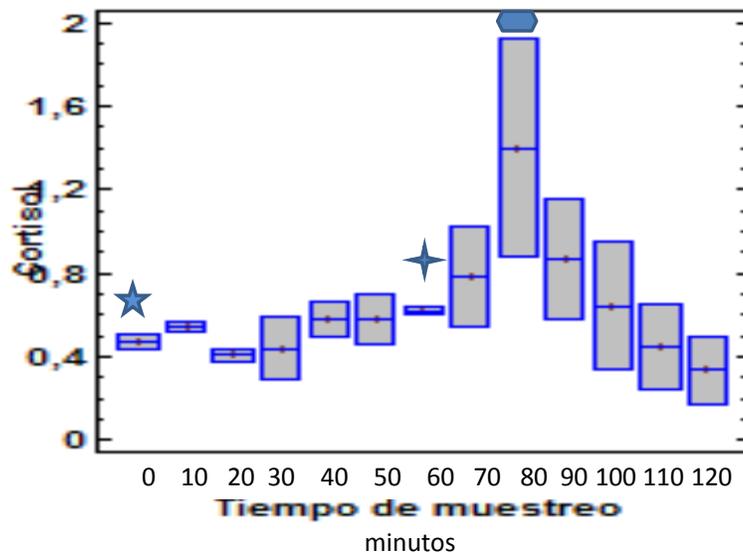


Figura 16. Gráfica que muestra una curva al final del muestreo en los niveles de cortisol.

El número de individuos fue insuficiente para analizar la respuesta mediante la prueba de Wilcoxon, $N=2$.

★ = Tiempo en el que se llevó a cabo la prueba de separación social.

★ = Medición inicial

★ = Pico máximo de la curva (minuto 80)

DISCUSIÓN

Dentro de los resultados de la prueba de separación social que obtuvimos en este trabajo observamos que los machos respondieron con una serie de conductas consideradas como ansiogénicas durante la fase en la que se encontraban separados del resto de su rebaño; dentro de estos cambios, una de las conductas que más se alteró a través de la prueba fue la frecuencia de vocalizaciones, ya que se observó un aumento representativo en el número de balidos de tono alto al momento en el que el sujeto se encontraba aislado de sus coespecíficos, y debido a que las vocalizaciones se consideran una de las señales de comunicación más comunes en muchas especies, incluyendo a los caprinos; el aumento en la frecuencia que se observó puede entenderse tanto como un intento de comunicarse con sus coespecíficos, así como un reflejo del estado emocional de los individuos (Escós *et al.*, 1993; Weary y Frasser, 1995; Watts y Stookey, 2000; Manteuffel *et al.*, 2004; Puppe *et al.*, 2005; Muller, 2009; Simmons, 2010; Bregman y Gentner, 2010; Briefer y McElligott, 2012; Lemasson *et al.*, 2012).

Dichos resultados coinciden con lo mencionado por Price y Thos (1980), los cuales indican que una de las respuestas a la separación incluye un incremento de vocalizaciones. De igual manera se ha reportado un aumento en la frecuencia de vocalizaciones en cabras Nubias durante un periodo de aislamiento de 30 minutos (Carbonaro *et al.*, 1992); así como en hembras caprinas no gestantes, o que no se encuentren cercanas al parto (Poindron *et al.*, 2007), al igual que en machos caprinos (Ruiz, 2010). Asimismo, en vacas, borregos, cabras, cerdos, caballos y pollos, también se ha observado que presentan un aumento de la actividad vocal general como respuesta inicial al aislamiento social, y en el caso particular de las cabra se reporta un aumento predominante en los balidos de tono alto, lo cual corresponde también con nuestros resultados, y debido a que este tipo de vocalizaciones se relacionan comúnmente con estados de miedo y estrés, los resultados que obtuvimos podrían corresponder a que el macho que se encontraba separado se encontrara en uno de estos estados (Schrader y Todt, 1998; Watts *et al.*, 2001; Manteuffel *et al.*, 2004; Winblad von Walter *et al.*, 2010; Siebert *et al.*, 2011).

En el caso de las conductas olfativas; el hecho de que en los olfateos a objetos hayamos obtenido una frecuencia significativamente mayor durante el periodo previo al aislamiento, lo entendemos como la expresión de una conducta normal de exploración, y debido a que existen diversos factores que influyen en la actividad exploratoria de los animales, el hecho de que durante la segunda fase de la prueba dicha conducta disminuyó probablemente responda a la separación, ya que a medida que aumenta la ansiedad disminuye la conducta de exploración (Genaro *et al.*, 2004). Dichos resultados

coinciden con los obtenidos en otros estudios realizados en condiciones similares (Ruiz, 2010), en contraste con lo reportado por Carbonaro *et al.* (1992), el cual observó un aumento del número de olfacciones durante periodos de aislamiento de 30 min.

En cuanto a la frecuencia de olfateo a coespecíficos, el aumento que observamos tras el periodo de separación pudiera entenderse como un intento de mantener contacto con sus compañeros, ya que la comunicación a través de señales olfativas es un fenómeno importante entre diversos animales, entre ellos, los caprinos (Arteaga *et al.*, 2007; Dwyer, 2009; Ginzl, 2010). Sin embargo, en estudios en condiciones similares realizados con anterioridad no se observaron cambios de frecuencia entre las partes de la prueba (Ruiz, 2010).

Con respecto a las eliminaciones, que consistió en la frecuencia de micciones y defecaciones, las cuales pueden considerarse en ciertos casos conductas de nerviosismo (Nwe *et al.*, 1995), el hecho de que no encontráramos diferencias significativas en ninguna de las partes de la prueba, probablemente se deba al tiempo de duración de la prueba, tal como se ha reportado con anterioridad (Ruiz, 2010).

En el caso de la actividad locomotriz que fue evaluada a través de la frecuencia de cambios de lugar, los machos en observación tendían a permanecer en una de las esquinas del corral de pruebas durante el periodo de separación, por lo que no se observó diferencias significativas durante ninguna de las partes de la prueba; este tipo de reacciones tipo “freezing” en la que los animales permanecen quietos se observa comúnmente en cabritos cuando su madre se aleja, y se cree que tiene que ver con patrones de comportamiento evolutivo (Scott, 1958). En condiciones experimentales de esta índole también se han obtenido resultados similares, tanto en condiciones experimentales similares a las de nuestro trabajo (Ruiz, 2010), como en otras condiciones de aislamientos más prolongados (Carbonaro *et al.*, 1992), a diferencia de lo reportado en otros animales, como es el caso de los ciervos rojos, en los cuales tendía a haber un aumento en la actividad locomotriz en condiciones de aislamiento (Pollard *et al.*, 1993), y borregas vacías o lejanas a la fecha de parto (Poindron *et al.*, 1997).

En cuanto a los intentos de escape, el aumento en la frecuencia de los mismos que se observó durante el periodo de separación social puede interpretarse como una manifestación de ansiedad, así como con intentos de reintegrarse a su grupo social; conductas similares han sido reportadas tanto en corderos como en cabritos (Price y Thos, 1980), así como en machos cabríos jóvenes (Ruiz, 2010).

Al evaluar los índices de agitación, el hecho de que el mayor de ellos se obtuviera en la parte de la prueba en la que el macho se encontraba sin sus coespecíficos nos indica que la separación social tuvo impacto sobre las respuestas conductuales de agitación

de los individuos, lo que, en estas condiciones, generalmente se asocia con el grado de gregarismo; este tipo de resultados coincide con los obtenidos en borregas no gestantes (Poindron *et al.*, 1997), en cabras no gestantes (Poindron *et al.*, 2007), en cabritos (Fierros, 2009) y en machos cabríos jóvenes (Ruiz, 2010). Por lo que, bajo este criterio, a nuestros sujetos experimentales se les puede atribuir, al igual que a las hembras de su especie, un alto grado de gregarismo (Lyons *et al.*, 1993).

Con respecto a la medición de los niveles de cortisol, el método utilizado para la toma de las muestras, la venipunción, aún se emplea con frecuencia, sobre todo cuando los animales han sido acostumbrados al manejo y procedimientos de muestreo. No obstante, este tipo de procedimientos probablemente inducen un estrés agudo, por lo que en este caso los intervalos de muestreo y los tiempos en los que se realizaron, nos aportaron una información muy importante, ya que nos permitió observar un patrón general de los niveles de cortisol de nuestro grupo experimental, disminuyendo así la posibilidad de mal interpretar los resultados, ya que nos oporto un parámetro para poder diferenciar entre variaciones de secreción endógena, condiciones de manejo y experimentales (Smith y Dobson, 2002; Hart, 2012; Vas *et al.*, 2013).

Observamos que casi inmediatamente después de comenzar el muestreo de los animales los niveles de cortisol comenzaron a elevarse, lo cual concuerda con observaciones previas, en donde se encontró que tras un estímulo comenzaba a observarse un aumento de cortisol dentro de un periodo aproximado de 30 minutos (Toerien *et al.*, 1999; Smith y Dobson, 2002; Ferland y Schrader, 2011). Obtuvimos un primer pico de elevación aproximadamente al tiempo 40, lo cual atribuimos al manejo y muestreo, apoyándonos en observaciones previas realizadas en caprinos, en las cuales se encontró que los picos de elevación de cortisol ocurrían en un lapso de entre 20 y 80 minutos posteriores a un estímulo estresor, así como tras la aplicación de ACTH (Nwe *et al.*, 1996; Toerien *et al.*, 1999).

Tras el tiempo 40 se observó una disminución gradual de los niveles de cortisol, probablemente por un acostumbramiento o habituación de los animales, ya que, se ha visto que tras la exposición repetida a estresores homotípicos, se observa una disminución de la respuesta tanto simpática - adrenomedular, como pituitaria - adrenocortical, lo cual indica la habilidad de adaptación a un estresor (Schrader y Ladewig, 1999; Smith y Dobson, 2002). Sin embargo, después del tiempo 60, en el cual se llevó a cabo la prueba de separación social, comenzamos a observar una nueva elevación en los niveles de cortisol, alcanzando un segundo pico aproximadamente al tiempo 80 de monitoreo, y un posterior descenso de los mismos, por lo que asumimos que la prueba de separación actuó como estímulo para la liberación de cortisol.

Resultados similares han sido observados en diversos animales considerados altamente sociables, como es el caso de los topitos de pradera (*Microtus ochrogaster*)

(Stowe *et al.*, 2005), ratas Wistar (Ferland y Schrader, 2011), caballos (Ayala *et al.*, 2012), ovinos (Apple *et al.*, 1993), e incluso se han reportado reacciones similares en caprinos, en donde ocurrieron respuestas de cortisol tras periodos de aislamiento (Carbonaro *et al.*, 1992; Al - Qarawi y Ali, 2005), por lo que los resultados que obtuvimos apoyan la hipótesis de que los machos caprinos también son altamente gregarios.

Por otro lado, observamos que los niveles de cortisol obtenidos en las muestras iniciales (del tiempo 0) fueron los de menor concentración, y que dichas concentraciones fueron significativamente diferente incluso de las obtenidas al final del muestreo, es decir que no pudimos observar que los niveles de cortisol regresaran a su estado basal, lo cual pudiera deberse a que seguía habiendo cierta respuesta al manejo y muestreo, así como a que el tiempo de muestreo posterior a la prueba de separación fue menor al requerido para poder observar que los niveles regresaran a una línea base, ya que se ha observado que existe variación en el tiempo en el que los niveles de cortisol regresan a un estado basal, lo cual se ha podido relacionar, por una parte con las diferentes concentraciones de ACTH que promovieron la respuesta de cortisol, así como a diferencias en la sensibilidad a la retroalimentación negativa del cortisol (Toerien *et al.*, 1999; Smith y Dobson, 2002), lo cual, en el caso por ejemplo de variaciones de los niveles de CORT por separación en ratas Wistar, se observó que dichos niveles retornaron a niveles basales tras un periodo aproximado de 90 minutos (Ferland y Schrader, 2011), en tanto que en ovejas y cabras se han reportado tiempos de alrededor de 4 horas tras un estímulo de estrés agudo (Vas *et al.*, 2013). Por otra parte se ha reportado que el aumento en los niveles de cortisol, inducido por “estrés” por transporte en caprinos retornaron a sus estados basales hasta 3 horas después de haber terminado de transportarlos (Nwe *et al.*, 1996), e incluso en el caso de hipoxemia prenatal en caprinos se reportaron periodos de elevación de cortisol de hasta 24h (Fujimori *et al.*, 2008).

Por otra parte, se ha reportado que existe una gran variabilidad interindividual del cortisol sanguíneo en cabras, lo cual puede tener un fuerte impacto en la evaluación del grupo, e incluso podrían llegar a enmascarar los efectos de la prueba, debido a lo cual se analizaron los resultados de los niveles de cortisol en forma individual, y se observó que efectivamente existían diferencias en los perfiles del mismo, dentro de los cuales básicamente pudimos distinguir los tres patrones que mostramos en los resultados (Vas *et al.*, 2013). Esto probablemente corresponda a que existen diferencias individuales en la reactividad al estrés, así como en la capacidad para responder a los estresores, e incluso podría ser un reflejo del rango jerárquico; por lo que este tipo de variaciones frecuentemente se atribuyen a la genética y/o experiencias previas, fenotipos de respuesta, percepción de las situaciones, vulnerabilidad al estrés, exposición crónica a la respuesta de estrés y reacciones emocionales subsecuentes (Abbot *et al.*, 2003;

Cavanagh y Allen, 2008; Ortiz, 2008; Dantzer, 2010). Por tal motivo, sería conveniente considerar en un futuro herramientas más sutiles en estudios similares.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio demostraron que los machos caprinos presentan comportamientos que nos indican una fuerte conducta gregaria, ya que al ser separados de sus coespecíficos desplegaban una serie de conductas consideradas típicamente ansiogénicas, como son los intentos de escape y el aumento en la frecuencia de vocalizaciones. Por tal motivo, el manejo que comúnmente se da a los sementales caprinos en las unidades productivas, al mantenerlos aislados de sus coespecíficos, conlleva alteraciones en el comportamiento y el bienestar de los mismos.

Los cambios observados en los niveles de cortisol sugieren una respuesta hormonal a la separación social. Sin embargo, debido a la alta variabilidad individual, y quizá al tiempo de la separación social, los resultados que obtuvimos no fueron concluyentes, por lo que se sugiere realizar estudios posteriores.

BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, D. H; Keverne, E. B; Bercovitch, F. B; Shively, C. A; Mendoza, S. P; Saltzman, W; Snowdon, C. T; Ziegler, T. E; Banjevic, M; Garland, Jr. T; and Sapolsky, R. M. 2003. Are subordinates always stressed? A comparative analysis of Rank differences in cortisol levels among primates. *Hormones and Behavior* 43: 67 – 82.
- Agraz, A. A. 1981. Cría y explotación de la cabra en América Latina. Editor S.A. Buenos Aires, Argentina.
- Allee, W. C. 1938. The social life of animal. W.W. Norton and Company. Inc
- Al – Qarawi, A. A; Ali, B. H. 2005. Isolation stress in desert sheep and goats and the influence of pretreatment with xylazine or sodium betaine. *Veterinary Research Communications* 29: 81 – 90.
- Álvarez, L. 2008. Efectos negativos del estrés sobre la reproducción en animales domésticos. *Archivos de Zootecnia* 57 (R): 39 – 59.
- Alves, J; Alves da Silva, A; Soares, A. M. V. M; and Fonseca, C. 2013. Sexual segregation in red deer: is social behaviour more important than habitat preferences? *Animal Behaviour* 85: 501 – 509.
- Andersen, I. L; and Bøe, K. E. 2007. Resting pattern and social interactions in goats – The impact of size and organization of lying space. *Applied Animal Behaviour Science* 108: 89 – 103.
- Andersen, I; Roussel, S; Ropstad, E; Braastad, B; Steinheim, G; Janczak, M; Jørgensen; Bøe, K. 2008. Social instability increases aggression in groups of dairy goats growth kid production and development. *Applied Animal Behaviour Science* 114: 132 – 148.
- Andersen, I. L; Tønnesen, H; Estevez, I; Cronin, G. M; and Bøe, K. E. 2011. The relevance of group size on goats social dynamics in a production environment. *Applied Animal Behaviour Science* 134: 136 - 143.
- Apple, J. K; Minton, J. E; Parsons, K. M; and Unrah, J. A. 1993. Influence of repeated restraint and isolation stress and electrolyte administration on pituitary-adrenal

secretions, electrolytes, and other blood constituents of sheep. *Journal of Animal Science* 71: 71 – 77.

Arias, C; Solari, A. C; Mlewski, E. C. Miller, S; Haymal, B; Spear, N. E; and Molina, J. C. 2010. Social isolation and stress related hormones modulate the stimulating effect of ethanol in preweanling rats. *Behavioural Brain Research* 211(1): 64 – 70.

Arteaga, M. de L; Martínez, M; Guevara, R; y Hudson, R. 2007. Comunicación química en mamíferos domésticos. *Veterinaria México*, enero – marzo, año/vol. 38, número 001. UNAM.

Assenmacher, I; Barbanel, G; Gaillet, S; Givalois, L; Ixart, G; Malaval, F; Mekaouche, M; Siaud, P; and Szafarczyk, A. 1995. Central regulation of ACTH release in stress. En: Chrousos G. P; McCarty, R; Pacák, K; Cizza, G; Sternberg, E; Gold, P. W; and Kvetnanský, R. *Stress Basic Mechanisms and Clinical Implications. The New York Academy of Sciences* 41-54.

Ayala, I; Martos, N. F; Silvan, G; Gutiérrez – Panizo, C; Clavel, J. G; and Illera, J. C. 2012. Cortisol, adrenocorticotropic hormone, serotonin, adrenaline and noradrenaline serum concentrations in relation to disease and stress in the horse. *Research in Veterinary Science* 93: 103 – 107.

Baaren, J; Deleporte, P; Grandcolas, P; Biquand, V; and Pierre, J-S. 2002. Measurement for solitariness and gregarism: Analysing spacing, attraction and interactions in four species of Zetoborinae (Blattaria). *Ethology* 108: 697 – 712.

Becker, J. B. 2010. *Stress and reward*. Elsevier Ltd.

Bledsoe, A. C; Oliver, K. M; Scholl, J. L; and Foster, G. L. 2011. Anxiety states induced by post-weaning social isolation are mediated by CRF receptors in the dorsal raphe nucleus. *Brain Research Bulletin* 85(3-4): 117 – 122.

Bon, R; Rideau, C; Villaret, J-C; and Joachim, J. 2001. Segregation is not only a matter of sex in alpine ibex, *Capra ibex ibex*. *Animal Behaviour* 62: 495 - 504.

Bosch, O. J; Nair, H. P; Ahern, T. H; Neumann, I. D; and Young, L. J. 2009. The CRF system mediates increased passive stress – coping behavior following the loss of bonded partner in a monogamous rodent. *Neuropsychopharmacology* 34 (6): 1406 – 1415.

Bregman, M. R; and Gentner, T. Q. 2010. *Syntactically Complex Vocal Systems*. In *Encyclopedia of Animal Behavior*. Elsevier Ltd.

Briefer, E. F; and McElligott, A. G. 2012. Social effects on vocal ontogeny in an ungulate, the goat, *Capra hircus*. *Animal Behaviour* 83(4) 991 – 1000.

- Broom, D. M. 2004. Bienestar animal. En: Galindo, F. y Orihuela T.A. Etología aplicada. Editorial UNAM. 50 – 86.
- Calhim, S; Shi, J; and Dunbar, R. I. M. 2006. Sexual segregation among feral goats: testing between alternative hypotheses. *Animal Behaviour* 72: 31 – 41.
- Calogero, A. E. 1995. Neurotransmitter regulation of the hypothalamic corticotropin-releasing hormone neuron. En: Chrousos, G. P; McCarty, R; Pacák, K; Cizza, G; Sternberg, E; Gold, P. W; and Kvetnanský, R. Stress Basic Mechanisms and Clinical Implications. *The New York Academy of Sciences* 31 - 40.
- Carbonaro, D. A; Friend, T. H; and Dellmeier, G. R. 1992. Behavioral and physiological responses of dairy goats to isolation. *Physiology & Behavior* 51: 297 - 301.
- Cavanagh, J. F; and Allen, J. J. B. 2008. Multiple aspects of the stress response under social evaluative threat: An electrophysiological investigation. *Psychoneuroendocrinology* 33: 41 – 53.
- Charmandari, E; Chrousos, G; Lambrou, G; Pavlaki, A; Koide, H; Sin Man Ng, S. and Kino, T. 2011. Peripheral CLOCK regulates target-tissue glucocorticoid receptor transcriptional activity in a circadian fashion in man. *PLoS ONE* 6(9): e25612. Doi: 10.1371/journal.pone.0025612
- Colonello, V; Iacobucci, P; Fuchs, T; Newberry, R. C; and Panksepp, J. 2011. *Octodon degus*. A useful animal model for social-affective neuroscience research: Basic description of separation distress, social attachments and play. *Neuroscience and Behavioral Reviews* 35: 1854 – 1863.
- Couzin, I. D; and Krause, J. 2003. Self-Organization and collective behavior in vertebrates. Elsevier Science (USA). *Advances in the study of behavior*, vol. 32.
- Dantzer, R. 2010. Psychoneuroendocrinology of stress. University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana IL, USA. Elsevier Ltd.
- Debeuf, J-P. 2011. The social and environmental challenges faced by goat and small livestock local activities: Present contribution of research-development and stakes for the future. *Small Ruminant Research* 98: 3 - 8.
- De Kloet, E. R; Datson, N. A; Revsin, Y; Champagne, D.L; and Oitzl, M. S. 2008. Brain Corticosteroid Receptor Function in Response to Psychosocial Stressors. En: Pfaff, D; Kordon, C; Chanson, P; and Christen, Y. Springer. *Hormones and Social Behaviour* 130 – 149.
- DeVries, A. C; Glasper, E. R; and Detillion, C. E. 2003. Social modulation of stress responses. *Physiology & Behavior* 79: 399 – 407.

- Dobson, H; and Smith, R. F. 2000. What is stress, and how does it affect reproduction? *Animal Reproduction Science* 60 – 61: 743 – 752.
- Durier, V; Henry, S; Sankey, C; Sizum, J; and Hausberger, M. 1012. Locomotor inhibition in adult horses faced to stressors: a single post partum experience may be enough! *Frontier in psychology*. Volume 3, Article 442.
- Duval, F; González, F; y Rabia, H. 2010. Neurobiología del estrés. *Revista Chilena de Neuro-psiquiatría* 48(4): 307 – 318.
- Dwyer, C. 2009. The behavior of sheep and goats. In: Jensen, P. *The Ethology of Domestic Animals* 2nd edition: 161 – 176.
- Elias, L; and Clark, A. 2000. The expression of the ACTH receptor. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* 33: 1245 - 1248.
- Engelbrecht, Y; and Swart, P. 2000. Adrenal function in Angora goats: a comparative study of adrenal steroidogenesis in Angora goats, Boer goats, and Merino sheep. *Journal of Animal Science* 78: 1036 – 1046.
- Ehrlenbruch, R; Jørgensen, G. H. M; Andersen, J. L; and Bøe, K. E. 2010. Provision of additional walls in the resting area – The effects on resting behavior and social interactions in goats. *Applied Animal Behaviour Science* 122: 35 – 40.
- Eriksson, L; and Teräväinen T.-L. 1989. Circadian rhythm of plasma cortisol and blood glucose in goats. *AJAS* Vol. 2 (No. 3) 202 – 203.
- Escós, J; Alados, C. L; and Boza, J. 1993. Leadership in a domestic goat herd. *Applied Animal Behaviour Science* 38: 41 – 47.
- Estevez, I; Andersen, I; and Naeval, E. 2007. Group size, density and social dynamics in farm animals. *Applied Animal Behaviour Science* 103: 185 - 204.
- Farreau, A; Michard-Yris, M-A; Berlin, A; Houdelier, C; and Lumineau, S. 2009. Social influences on circadian behavioural rhythms in vertebrates. *Animal Behaviour* 77(5): 983 – 989.
- Feldman, E. C; y Nelson, R.W. 2000. *Endocrinología y reproducción en perros y gatos*. Ed. McGraw-Hill Interamericana.
- Ferland, C. L; and Schrader, L. A. 2011. Cage mate separation in pair-housed male rats evokes an acute stress corticosterone response. *Neuroscience Letters* 489(3): 154 – 158.

- Fierros, V. A. 2009. Evaluación de los efectos de la desnutrición durante la vida prenatal sobre el desarrollo corporal y conductual en crías caprinas durante los primeros 8 meses de edad. Tesis maestría, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Fontanesi, L; Martelli, P. L; Beretti, F; Riggio, V; Dall'Olio, S; Colombo, M; Casadio, R; Russo, V; and Portolano, B. 2010. An initial comparative map of copy number variations in the goat (*Capra hircus*) genome. *BMC Genomics* 11: 639.
- Forkman, B; Boissy, A; Meunier-Salaün, M. C; Canali, E; and Jones, R. B. 2007. A critical review of the fear test use don cattle, pigs, sheep, poultry and horses. *Physiology & Behavior* 92: 340-374.
- Fulkerson, W. J; and Jamieson, P. A. 1982. Patterns of Cortisol Release in Sheep following administration of Synthetic ACTH or Imposition of Various Stressor Agents. *Australian Journal of Biological Science* 35: 215 – 222.
- Fujimori, K; Takanashi, A; Endo, C; and Sato, A. 2008. Stress hormone responses during 24-hour hypoxemia in preterm goat fetus. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine* 215: 189 – 197.
- Gammie, S. C. 2010. Stress and social behavior. Elsevier Ltd.
- Ganong, W. F. 2004. Fisiología médica. Ed. Manual Moderno.
- Genaro, G; Schidek, W. R. and Franci, C. R. 2004. Social condition affects hormone secretion and exploratory behavior in rats. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* 37: 833 – 840.
- Ginzel, M. D. 2010. Olfactory Signals. En: Encyclopedia of animal behavior. Elsevier. Ltd.
- Goeders, N. E. 2010. Stress and drug craving. Elsevier Ltd. 310 – 315.
- González-de-la-Vara, M; Valdez, R. A; Lemus-Ramirez, V; Vázquez-Chagoyán, J. C; Villa-Godoy, A; and Romano, M. C. 2011. Effects of adrenocorticotropic hormone challenge and age on hair cortisol concentrations in dairy cattle. *The Canadian Journal of Veterinary Research* 75: 216 – 221.
- Grignolio, S; Rossi, I; Bassano, B; and Apollonio, M. 2007. Predation risk as a factor affecting sexual segregation in Alpine Ibex. *Journal of Mammalogy* 88(6): 1488 - 1497.
- Grippe, A. J; Johnson, A. K. 2009. Stress, depression and cardiovascular dysregulation: A review of neurobiological mechanisms and the integration of research from preclinical disease models. *Stress* 12(1): 1 – 21.

- Gutman, D; Owens, M; Thirivikraman, K; and Nemeroff, C. 2011. Persistent anxiolytic affects after chronic administration of the CRF₁ receptor antagonist R121919 in rats. *Neuropharmacology* 60(7-8): 1135 - 1141.
- Hafez, E. S. E; and Hafez, B. 2000. Reproducción en inseminación artificial en animales. Mc Graw – Hill Interamericana.
- Hamza, R. T; Hewedi, D. H; and Ismail, M. A. 2010. Basal and Adrenocorticotropic Hormone Stimulated Plasma Cortisol Levels Among Egyptian Autistic Children: Relation to Disease Severity. *Italian Journal of Pediatrics* 36: 71.
- Hart, K. A. 2012. The use of cortisol for the objective assessment of stress in animals: Pros and cons. *The Veterinary Journal* 192: 137 – 139.
- Hastings, M; O`Neill, J. S; and Maywood, E. S. 2007. Circadian clocks; regulators of endocrine and metabolic rhythms. *Journal of Endocrinology* 195: 187 – 198.
- Herman, J. P. 2010. Regulation of the HPA Axis by Acute and Chronic Stress. University of Cincinnati, OH, USA. Elsevier Ltd.
- Hermes, G. L; Delgado, B; Tretiakova, M; Cavigelli, S. A; Kravsz, T; Conzen, S.D; and Mc Clintock, M. K. 2009. Social isolation dysregulates endocrine and behavioral stress while increasing malignant burden of spontaneous mammary tumors. *PNAS* vol. 6 no. 52: 22393 – 22398.
- Hermes, G; L, N; Duman, C; and Duman, R. 2011. Post-weaning chronic social isolation produces profound behavioral dysregulation with decreases in prefrontal cortex synaptic-associated protein expression in female rats. *Physiology & Behavior* 104(2): 354 - 359.
- Hernández, F. 2005. Caracterización de la jerarquía social en machos cabríos a través de la evaluación del comportamiento, durante el cortejo sexual. Tesis Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Hassett, J. M; Rupp, H. A; and Wallen, K. 2010. Social segregation in male, but not female yearling Rhesus Macaques (*Macaca mulatta*). *American Journal of Primatology* 72(2): 87 – 92.
- Kaminski, J; Riedel, J; Call, J; and Tomasello, M. 2005. Domestic goats *Capra hircus*, follow gaze direction and use social cues in an object choice task. *Animal Behaviour* 69: 11 – 18.
- Kay, R; and Hall, C. 2009. The use of mirror reduces isolation stress in horses being transported by trailer. *Applied Animal Behaviour Science* 116: 237 – 243.

- Kjøren, M. F. 1012. Social interaction and cortisol level in blood of daily goats (*Capra hircus*) housed in three different densities during pregnancy. Tesis Maestría, Norwegian University of life science.
- Kendrick, K. M. 2004. The neurobiology of social bonds. *Journal of Neuroendocrinology* 16 (12): 1007 - 8.
- Knott, S. A; Cummins, L. J; Dunshea, F. R; and Leury, B. J. 2008. Rams with poor feed efficiency are highly responsive to an exogenous adrenocorticotropin hormone (ACTH) challenge. *Domestic Animal Endocrinology* 34: 261 - 268.
- Kopin, I. J. 1995. Definitions of stress and sympathetic neuronal responses. En: Chrousos, G. P; McCarty, R; Pacák, K; Cizza, G; Sternberg, E; Gold, P. W; and Kvetnanský, R. Stress Basic Mechanisms and Clinical Implications. The New York Academy of Sciences. 19 - 30.
- Lansade, L; Bouissou, M-F; and Ethard, H. W. 2008. Reactivity to isolation and association with conspecifics: A temperament trait stable across time and situations. *Applied Animal Behaviour Science* 109: 35 - 373.
- Lemasson, A; Remeuf, K; Rossard, A; and Zimmermann, E. 2012. Cross – taxa similarities in affect – induced changes of vocal behavior and voice in arboreal monkeys. *Plos one* 7 (9): e45106.doi: 10.1371/journal.pone.0045106
- Lickliter, R. E 1984. Hiding behavior in domestic goats kids. *Applied Animal Behaviour Science* 12: 245 – 251.
- Lickliter, R. E; and Heron, J. R. 1984. Recognition of mother by newborn goats. *Applied Animal Behaviour Science* 12: 187 – 192.
- Lickliter, R. E.1984/85. Mother – infant spatial relationships in domestic goats. *Applied Animal Behaviour Science* 13: 93 – 100.
- Lickliter, R. E. 1987. Activity patterns and companion preferences of domestic goat kids. *Applied Animal Behaviour Science* 19: 137 - 145.
- Loe, L. E; Irvine, R. J; Bonenfant, C; Stien, A; Langratn, R; Albon, S. D, Mysterud, A; and Stenseth, N. C. 2006. Testing five hypotheses of sexual segregation in an artie ungulate. *Journal of Animal Ecology* 75: 485 – 496.
- Lopez, M. F; Doremus-Fitzwater, T. L; and Becker, H. C. 2011. Chronic social isolation and chronic variable stress during early development induce later elevated ethanol intake in adult C57BL/6J mice. *Alcohol* 45(4): 355 – 364.

- Lukkes, J. L; Watt, M. J; Lowry, C. A; and Forster, G. L. 2009. Consequences of post-weaning social isolation on anxiety behavior and related neural circuits in rodents. *Frontiers in Behavioral Neuroscience* 3(18): 1 – 12.
- Lutgendorf, S. K; DeGezst, K; Dahmouh, L; Farley, D; Penedo, F; Bender, D; Goodheart, M; Buekers, T. E; Mendez, L; Krueger, G; Clevenger, L; Lubaroff, D. M; Sood, A. K; and Cole, S. W. 2011. Social isolation is associated with elevated tumor norepinephrine in ovarian carcinoma patients. *Brain, Behavior and Immunity* 25(2): 250 – 255.
- Lyons, D. M; Price, E. O; and Moberg, G.P. 1993. Social grouping tendencies and separation-induced distress in juvenile sheep and goats. *Developmental Psychobiology* 26(5): 251 - 259.
- Lyons, D. M; Price E. O; and Moberg, G. P. 1998. Social modulation of pituitary – adrenal responsiveness and individual differences in behavior of young domestic goats. *Physiology and Behavior* 43: 451 - 458.
- Ma, X; Jiang, D; Jiang, W; Wang, F; Jia, M; Wu, J; Hashimoto, K; Dang, Y; and Gao, C. 2011. Social isolation-induced aggression potentiates anxiety and depressive-like behavior in male mice subjected to unpredictable chronic mild stress. *Plos One* 6(6): e20955.doi:10.1371/journal.pone.0020955
- Mal, M. E; Friend, T. H; Lay, D. C; Vogelsang, S. G; and Jenkins, O. C. 1991. Behavioral responses of mares to short-term confinement and social isolation. *Applied Animal Behaviour Science* 31: 13 – 24.
- Manteuffel, G; Puppe, B; and Schön, P. C. 2004. Vocalization of farm animals as a measure of welfare. *Applied Animal Behaviour Science* 88: 163 – 182.
- MacHugh, D. E; and Bradley, D. G. 2001. Livestock genetic origins: Goats buck the trend. *PNAS*, vol. 98, no. 10. 5382 – 5384.
- Michelena, P; Bouquet, P. M; Dissac, A; Fuorcassie, V; Lauga, J; Gerard, J. F; and Bon, R. 2004. An experimental test of hypotheses explaining social segregation in dimorphic ungulates. *Animal Behaviour* 68: 1371 – 1380.
- Miranda-de la Lama, G. C; and Mattiello, S. 2010. The importance of social behaviour for goat welfare in livestock farming. *Small Ruminant Research* 90: 1 - 10.
- Miranda-de la Lama, G. C; Sepúlveda, W. S; Montaldo, H. H; María, G. A; and Galindo, F. 2011. Social strategies associated with identity profiles in dairy goats. *Applied Animal Behaviour Science* 134: 48 – 55.

- Meier, R. 2001. Comportamiento Animal un enfoque evolutivo y ecológico. Ed. Mc Graw Hill. 310 - 315, 340 - 341.
- Mohawk, J. A; Pargament, J. M; and Lee, T. M. 2007. Circadian dependence of corticosterone release to light exposure in the rat. *Physiology and Behavior* 92(5): 800 – 806.
- Möstl, E., Palme, R. 2002. Hormones as indicators of stress. *Domestic Animal Endocrinology* 23: 67 – 74.
- Muller, J. M; Moore, H; Myers, M. M; and Shair, H. N. 2009. Dopamine's role in social modulation of infant isolation – induced vocalization II. Maternally modulated infant separation responses are regulated by D1 – and D2 – family dopamine receptors. *Developmental Psychobiology* 51(2): 131 – 146.
- Nelson, R. J. 2000. An Introduction to Behavioral Endocrinology. Sinauer Associates, Inc. Publishers.
- Neumann, I. D; Wigger, A; Krömer, S; Frank, E; Landgraf, R; and Bosch, O. J. 2005. Differential effects of periodic maternal separation on adult stress coping in rat model of extremes in trait anxiety. *Neuroscience* 132: 867 – 877.
- N. R. C. 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants. Sheep, Goats, Cervids and New World Camelids. *The National Academic Press*, Washington. USA. 362
- Nwe, T. M; Hori, E; Manda, M; and Watanabe, S. 1996. Significance of catecholamines and cortisol levels in blood during transportation stress in goats. *Small Ruminant Research* 20: 129 – 135.
- O'Brien, P. H. 1983. Feral goat parturition and lying-out sites: Spatial, physical and meteorological characteristics. *Applied Animal Ethology* 10: 325 – 339.
- O'Brien, P. H. 1984. Leayers and stayers: Maternal post-partum strategies in feral goats. *Applied Animal Behaviour Science* 12: 233 – 243.
- O'Brien, P. H. 1988a. Feral goat social organizations: A review and comparative analysis. *Applied Animal Behaviour Science* 21: 209 - 221.
- O'Connor, C. E; and Lawrence, A. B. 1992. Relationship between lamb vigour and ewe behaviour at parturition. *Animal Production* 54: 361 - 366.

- Orgeur, P; Mimouni, P; and Signoret, J. P. 1990. *Applied Animal Behaviour Science* 27: 105 - 113.
- Ortiz, L. G. 2008. Relación entre la dominancia social y los niveles de cortisol sanguíneo en la cabra doméstica. Tesis maestría, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Pan, Y; Liu, Y; Young, K. A; Zhang, Z; and Wang, Z. 2009. Post-weaning social isolation alters anxiety-related behavior and neurochemical gene expression in the brain of male prairie voles. *Neuroscience Letters* 454 (1): 67 – 71.
- Pérez-Barbería, F. J; and Gordon, I. J. 1999. Body size dimorphism and sexual segregation in polygynous ungulates: an experimental test with Soay sheep. *Oecologia* 120: 258 – 267.
- Pérez-Barbería, F. J; Robertson, E; and Gordon, I. J. 2005. Are social factors sufficient to explain sexual segregation in ungulates? *Animal Behaviour* 69: 827 – 834.
- Piller, C. A. K; Stookey, J. M; and Watts, J. M. 1999. Effects of mirror-image exposure on heart rate and movement of isolated heifers. *Applied Animal Behaviour Science* 63: 93 – 102.
- Poindrón, P; Caba, M; Gomora Arrati, P; Krehbiel, D. 1994. Responses of maternal and non-maternal ewes to social and mother-young separation. *Behavioural Processes* 31: 97 - 110.
- Romeo, R. D. 2010. *Stress and Brain Morphology*. Barnard College, New York, NY, USA. Elsevier Ltd.
- Poindrón, P; Soto, R; and Romeyer, A. 1997. Decrease of response to social separation in parturient ewes. *Behavioural Processes* 40: 45 – 51.
- Poindrón, P. 2001. El control fisiológico de la conducta maternal al momento del parto en ovinos y caprinos. *Biología de la reproducción* II. 301 - 323.
- Poindrón, P; Gilling, G; Hernández, H; Serafín, N; and Terrazas, A. 2007a. Preference of 12-h-old kids for their mother goat is impaired by pre-partum-induced anosmia in the mother. *Animal* 1:9, 1328 - 1334.
- Poindrón, P; Terrazas, A; Navarro, M; Serafín, N; and Hernández, H. 2007b. Sensory and physiological determinants of maternal behavior in the goat (*Capra hircus*). *Hormones and Behavior* 52: 99 – 105.
- Pollard, J. C; Littlejohn, R. P; and Suttie, J. M. 1993. Effects of isolation and mixing of social groups on heart rate and behavior of red deer stags. *Applied Animal Behaviour Science* 38: 311 – 322.

- Price, E. O. 2004. Efecto de la domesticación en la conducta animal En: Galindo, F. y Orihuela, T. A. *Etología aplicada*. Editorial UNAM. 20 – 49.
- Price, E. O; y Orihuela, A. 2010. *Conducta Animal aplicada al cuidado y producción pecuaria*. México. Ed. Trillas. Universidad Autónoma del estado de Morelos.
- Price, E. O; and Thos, J. 1980. Behavioral responses to short-term isolation in sheep and goats. *Applied Animal Ethology* 6: 331 - 339.
- Puppe, B; Schön, P. C; Tuchscherer, A; and Manteuffel, G. 2005. Castration – induced vocalization in domestic piglets, *Sus scrofa*: complex and specific alterations of the vocal quality. *Applied Animal Behaviour Science* 95: 67 – 78.
- Reeder, D. M; and Kramer, K. M. 2005. Stress in free-ranging mammals: Integrating physiology, ecology, and natural history. *Journal of Mammalogy* 86(2): 225 – 235.
- Romeo, R. D. 2010. *Stress and Brain Morphology*. Barnard College, New York, NY, USA. Elsevier Ltd.
- Ruckstuhl, K. E; and Neuhaus, P. 1999. Sexual segregation in ungulates: A new approach. *Behaviour* 137: 361 – 377.
- Ruckstuhl, K. E; and Neuhaus, P. 2002. Sexual segregation in ungulates: a comparative test of three hypotheses. *Biological Reviews* 77: 77 – 96.
- Rudge, M. R. 1970. Mother and kid behaviour in feral goats (*Capra hircus*). *Zeitschrift für Tierpsychologie* 27: 687 – 692.
- Ruiz, O. 2010. Estudio de la conducta social en machos cabríos jóvenes. Tesis Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Rutter, M. S. 2004. Comportamiento de ovejas y cabras. En: Jensen, P. *Etología de los animales domésticos*. Ed. Acribia.
- Sachan, N; Dey, A; Rotter, D; Grinsfelder, D. B; Battiprolu, P. K; Sikder, D; Copeland, V; Oh, M; Bush, E; Shelton, J. M; Bibb, J. A; Hill, J. A.; Rothermel, B. A. 2011. Sustained hemodynamic stress disrupts normal circadian rhythms in calcineurin-dependent signaling and protein phosphorylation in the heart. *Circulation Research* 108(4): 437 – 445.
- Sánchez, H. A. 2008. Principales características del comportamiento materno en cabras domésticas y salvajes. Tesis Especialización, Universidad Nacional Autónoma de México.

- Santiago – Moreno, J; Gómez – Brunet, A; Toledo – Díaz, A; Pulido – Pastor, A; and López – Sebastian, A. 2007. Social dominance and breeding activity in Spanish ibex (*Capra pirenaica*) maintained in captivity. *Reproduction, Fertility and Development* 19: 436 – 442.
- Sapolsky, R. M. 2010. *Stress, Health and Social Behavior*. Stanford, CA, USA. Elsevier Ltd.
- Schaffer, W. M; and Reed, C. A. 1972. The co-evolution of social behavior and cranial morphology in sheep and goats (*Bovidae, Caprini*). Published by Field Museum of Natural History 1146. pp. 63.
- Schneiderman, N; Ironson, G; and Siegel, S. 2005. Stress and Health: Psychological, behavioral, and biological determinants. *Annual Review of Clinical Psychology* 1: 607 - 628.
- Schrader, L; and Todt, D. 1998. Vocal quality is correlated with levels of stress hormones in domestic pigs. *Ethology* 104: 859 – 876.
- Schrader, L; and Ladewig, J. 1999. Temporal differences in the responses of the Pituitary Adrenocortical axis, the Sympathoadreno medullar axis, heart rate, and behavior to a daily repeated stressor in domestic pigs. *Physiology and Behavior* 66(5): 775 – 783.
- Scott, J. P. 1958. Social Behaviour of Domestic Goats and Sheep: a comparative study. *The Breatish Journal of Animal Behaviour* 6(3 – 4): 129 – 256 (247).
- Sheckleton, D. M; and Shank, C. C. 1984. A review of the social behavior of feral and wild sheep. *Journal of Animal Science* 58: 500 – 509.
- Shimada, M. A. 2003. *Nutrición Animal*. México, Editor S.A.
- Simmons, A. M. 2010. *Acustic Signals*. In *Encyclopedia of Animal Behavior*. Elsevier. Ltd.
- Siebert, K; Langbein, J; Schön P. C; Tuchscherer, A; and Puppe, B. 2011. Degree of social isolation affects behavioural and vocal response patterns in dwarf goats (*Capra hircus*). *Applied Animal Behaviour Science* 131: 53 – 62.
- Sisto, A. M. 2004. Etología aplicada en los caprinos. En: Galindo, F. y Orihuele, T. A. Etología aplicada. Editorial UNAM 147 - 160.

- Smith, R. F; and Dobson, H. 2002. Hormonal interactions within the hypothalamus and pituitary with respect to stress and reproduction in sheep. *Domestic Animal Endocrinology* 23: 75 – 85.
- Stackpole, c. A.; Turner, I. J; Lambert, G. W; and Tilbrook, A. J. 2003. Seasonal differences in the effect of isolation and restraint stress on the luteinizing hormone response response to gonadotropin releasing hormone in hipothalamopituitary disconnected, gonadectomized rams and ewes. *Biology of Reproduction* 69: 1158 – 1164.
- Staniland, I. J; and Robinson, S. L. 2008. Segregation between the sexes: Antarctic fur seals, *Arctocephalus gazelle*, foraging at South Georgia. *Animal Behaviour* 75: 1581 – 1590.
- Stêhulová, I; Lidfors, L; and Spinka, M. 2008. Response of dairy cows and calves to early separations: Effect of colf age and visual and auditory contact after separation. *Applied Animal Behaviour Science* 110: 144 – 165.
- Stinnett, G. S; and Seasholtz, A. F. 2010. Stress and Emotionality. University of Michigan, Ann Arbor, MI, USA. Elsevier Ltd.
- Stowe, J. R; Liu, R; Curtis, T; Freeman, M. E; and Wang, Z. 2005. Species differences in anxiety – related responses in male prairie and meadow voles: The effects of social isolation. *Physiology & Behavior* 86: 367 – 378.
- Stratakis, C. A; Chrousos, G. P. 1995. Neuroendocrinology and pathophysiology of the stress system. En: Chrousos, G. P; McCarty, R; Pacák, K; Cizza, G; Sternberg, E; Gold, P. W; and Kvetnanský, R. Stress Basic Mechanisms and Clinical Implications. *The New York Academy of Sciences*.
- Tamashiro, K. L. K., and Sakai, R. R. 2010. Stress and Energy Homeostasis. Elsevier Ltd.
- Toerien, C. A; Puchala, R; McCann, J. P; Sahlu, T; and Goetsch, A. L. 1999. Adrenocortical Response to ACTH in Angora and Spanish Goat Wethers. *Journal of Animal Science* 77: 1558 – 1564.
- Turner, A. I; Canny, B. J; Hobbs, R. J; Bond, J. D; Clarke, I. J; and Tilbrook, A. J. 2002. Influence of sex and gonadal status of sheep on cortisol secretion in response to ACTH and on cortisol and LH secretion in response to stress: importance of different stressors. *Journal of Endocrinology* 173: 113 – 122.

- Tölü, C; Savas, T; Pala, A; and Thomsen, H. 2007. Effects of goat social rank on kid gender. *Czech Journal of Animal Science* 52 (3): 77 – 82.
- Tovar – Luna, I. 2009. Goat production in México – Overview of the industry and its production practices. *Proceedings of the 24th Annual Goat Field Day, Langston University*.
- Uribe, M. A. 2009. Características de las vocalizaciones emitidas por cabras adultas durante el aislamiento social y el estro. Tesis Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Vas, J; Chojnacki, R; Kjøren, M. F; Lyngwa, C; and Andersen, I. L. 2013. Social interactions, cortisol and reproductive success of domestic goats (*Capra hircus*) subjected to different animal densities during pregnancy. *Applied Animal Behaviour Science* xxx: xxx – xxx.
- Venkataraman, S; Munoz, R; Candido, C; and Feldman, S. 2007. The hypothalamic-pituitary-adrenal axis in critical illness. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders* 8: 365 – 375.
- Von Borell, E. 2001. The biology of stress and its application to livestock housing and transportation assessment. *Journal of Animal Science* 79: E260 – E267.
- Von Borell, E; Dobson, H; and Prunier, A^c. 2007. Stress, behavior and reproductive performance in female cattle and pigs. *Homeostasis and Behavior* 52: 130 – 138.
- Wagenmaker, E. R; Breen, K.M; Oakley, A.E; Tibbrook, A. J; and Karsch, F.J. 2009. Psychosocial stress inhibits amplitude of Gonadotropin-Releasing hormone pulses independent of cortisol action on the type II glucocorticoid receptor. *Endocrinology*. 150(2): 762 – 769.
- Watts, J. M; and Stookey, J. M. 2000. Vocal behavior in cattle: the animal's commentary on its biological processes and welfare . *Applied Animal Behaviour Science* 67: 15 – 33.
- Watts, J. M; and Stookey, J. M. 2001. The propensity of cattle to vocalize during handling and isolation is affected by phenotype. *Applied Animal Behaviour Science*. 74: 81 – 95.
- Watts, J. M; Stookey, J.M; Schmutz, S. M; and Waltz, C.S: 2001. Variability in vocal and behavioural response to visual isolation between full – sibling families of beef calves. *Applied Animal Behaviour Science* 70: 255 – 273.
- Weary, D. M; and Frasser, D. 1995. Calling by domestic piglets: reliable signals of need? *Animal Behavior* 50: 1047 – 1055.

- Weinstock, M. 2008. The long-term behavioral consequences of prenatal stress. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 32(6): 1073 – 1086
- Winblad von Walter, L; Lidfors, L; Madej, A; Dahlborn, K; and Hydbring-Sandberg, E. 2010. Cardiovascular, endocrine and behavioural responses to suckling and permanent separation in goats. *Acta Veterinaria Scandinavica* 52: 51.
- Zimmer, K. E; Gutleb, A. C; Lyche, J. L; Dahl, E; Oskam, I. C; Krogenaes, A; Utne Skaare, J; and Ropstad, E. 2008. Altered stress-induced cortisol levels in goat exposed to polychlorinated biphenyls (PBC 126 and PBC 153) during fetal and postnatal development. *Journal of Toxicology and Environmental Health. Part A*, 72: 164 - 172.
- Zito, C. A; Wilson, L. L; and Graves, H. B. 1977. Some effects of social deprivation on behavioural development of lambs. *Applied Animal Ethology*, 3: 367 – 377.