



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

UNIDAD REGIONAL UNIVERSITARIA DE ZONAS ÁRIDAS

POSGRADO EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO
AMBIENTE EN ZONAS ÁRIDAS

**INTERACCIÓN ENTRE RANGO SOCIAL, ESTADO METABÓLICO
Y DOSIS DE ECG SOBRE LA INDUCCIÓN-DURACIÓN DEL ESTRO
EN CABRAS ANÉSTRICAS**

TESIS

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO
AMBIENTE EN ZONAS ÁRIDAS**

Presenta:

ADELA MENDOZA CORTINA

DIRECTOR:

DR. CESAR ALBERTO MEZA HERRERA

CO-DIRECTOR:

DR. SANTIAGO ZUÑIGA GARCIA

Bermejillo, Durango, México

Marzo, 2021



APROBADA



La presente tesis **Interacción entre rango social, estado metabólico y dosis de eCG sobre la inducción-duración del estro en cabras anéstricas** realizada por **Adela Mendoza Cortina** bajo la dirección del **Dr. Cesar Alberto Meza Herrera** y la co-dirección del **Dr. Santiago Zúñiga García**, ha sido revisada y aprobada por el Comité Asesor como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO
AMBIENTE EN ZONAS ÁRIDAS**

DIRECTOR:



Dr. Cesar Alberto Meza Herrera

CO-DIRECTOR:

In memoriam

Dr. Santiago Zúñiga García

ASESOR:



Dr. Francisco Gerardo Véliz Deras

ASESOR:



Dr. Ricardo Trejo Calzada

RECONOCIMIENTOS

Se expresa un reconocimiento al apoyo y sustento otorgado para el desarrollo y término de la presente investigación y de mis estudios de posgrado:

Al ***Programa de Becas Nacionales de CONACyT 2019-2020***.

Al ***Programa de Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente en Zonas Áridas 2019-2020***, de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo.

A la ***Dirección General de Investigación y Posgrado*** de la Universidad Autónoma Chapingo.

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Chapingo**, por mi formación académica, por darme la oportunidad de seguir formándome, ahora como M.C.

Al **Dr. Cesar Alberto Meza Herrera**, por darme la confianza y la oportunidad de participar en este trabajo, transmitiéndome sus valiosos conocimientos y consejos, por ser un ejemplo a seguir como investigador, pero principalmente por ser una persona de gran calidad humana.

Al **Dr. Santiago Zúñiga García**, al **Dr. Francisco Gerardo Véliz Deras** y al **Dr. Ricardo Trejo Calzada**, por sus valiosas aportaciones y comentarios al presente trabajo. Sin su valioso apoyo, este trabajo no tendría la calidad esperada.

A **Mary Miranda**, al **Dr. Fabián García González** y al **M.C. Manuel de Jesús Azpilcueta Ruiz Esparza** por su paciencia, recomendaciones y buen trato.

A mis compañeros: **Alejandro, José, Isaac, Selene y Raymundo** que han sido mi segunda familia y me han enseñado lo que es verdaderamente trabajar en equipo.

DEDICATORIA

Con mucho respeto y agradecimiento...

*Al **Dr. Santiago Zúñiga García** quien físicamente no se encuentra con nosotros, la presente tesis es dedicada por su arduo trabajo y participación en este gran proyecto.*

Con todo mi amor...

*A mi madre **Andrea Cortina Pérez** y mis hermanos **Juan** y **Damián**, por el esfuerzo que han hecho para que logre cada una de mis metas.*

*A mi esposo **Aldo Guerrero Márquez Rodríguez** por su incondicional apoyo y comprensión, por siempre impulsarme a salir adelante.*

*A mis hijos **Silvia Fernanda** y **Daniel Elías**, por ser mi motivo de superación e inspiración.*

*A mi tío **Víctor Manuel Mendoza Castillo**, agradezco cada palabra de sabiduría y amor, su ausencia duele todos los días, su recuerdo perdurará siempre en mi corazón.*

DATOS BIBLIOGRÁFICOS

El presente trabajo fue realizado por la **Ing. Adela Mendoza Cortina**, la cual obtuvo el grado de Ingeniero en Sistemas Pecuarios en el año 2016 por la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas (URUZA), ubicada en Bermejillo, Durango, México. Obtuvo el grado de Ingeniero con la tesis titulada “Caracterización de unidades ambientales del municipio de Ocampo Tamaulipas, Méx.” en noviembre del 2016, misma que fue dirigida por el M.C. José Luis Blando Navarrete.

Después de egresar de la licenciatura, trabajó como Capacitador de Escuela Nacional de Estudios para el Desarrollo Agrario (ENEDA) en comunidades del Oeste de Durango. Posteriormente, empezó los estudios de maestría en el programa de posgrado en Recursos Naturales y Medio Ambiente en Zonas Áridas en URUZA-UACH, generación 2019-2020.

La Ing. Adela Mendoza Cortina ha colaborado en la publicación de diferentes resultados de investigación científica:

- **July 2020.** Effect of social rank upon estrus induction and some reproductive outcomes in anestrus goats treated with progesterone + eCG. Artículo publicado en la revista internacional *Animals*, con un factor de impacto de 2.323.
- **October 2020.** Does Size Matters? Relationships among Social Dominance and Some Morphometric Traits upon Out-of-Season Reproductive Outcomes in Anestrus Dairy Goats Treated with P4 + eCG. Artículo publicado en la revista internacional *Biology*, con un factor de impacto de 3.796.

Contenido	
ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ABREVIATURAS.....	xi
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	3
Objetivo general.....	3
Objetivos particulares.....	3
HIPÓTESIS.....	3
CAPITULO II.....	4
REVISION DE LITERATURA.....	4
Tendencias actuales de la caprinocultura.....	4
Estacionalidad reproductiva de los caprinos.....	4
Ciclo estral de la cabra.....	5
Inducción a la actividad reproductiva en hembras caprinas con tratamientos hormonales a base de progesterona + eCG.....	6
La jerarquía social.....	7
Efecto del rango social sobre la reproducción.....	8
LITERATURA CITADA.....	10
CAPÍTULO III.....	15
RESUMEN.....	15

ABSTRACT	16
INTRODUCCIÓN.....	17
MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
Localización del área de estudio	18
Unidades experimentales.....	18
Determinación del rango social de las hembras	18
Diseño experimental	20
Variables	21
Peso corporal	21
Condición corporal.....	21
Porcentaje de cabras inducidas al estro	22
Duración del celo.....	22
Análisis estadístico.....	22
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
CONCLUSIÓN.....	29
LITERATURA CITADA	30

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Medias de mínimos cuadrados \pm error estándar para el peso vivo (PV, kg), condición corporal (CC, unidades), inducción del estro (IE, %), duración del estro (DUR, h), según el rango social (es decir, RSA, RSM y RSB) y la dosis de eCG (es decir, 100 o 350 UI) en cabras lecheras multirraciales (Alpina-Saanen-Nubia x Criollo; n = 70) manejadas en condiciones estabuladas en el norte de México.	24
Cuadro 2. Medias de mínimos cuadrados \pm error estándar para peso vivo (PV, kg), inducción de estro (IE, %), duración del estro (DUR, h), afectados por la interacción del rango social (es decir, RSA, RSM y RSB) \times dosis de eCG (es decir, 100 o 350 mg) en cabras multirraciales (Alpina-Saanen-Nubia \times Criollo; n = 70) manejadas en condiciones intensivas de alimentación estabulada en Norte de México.	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación esquemática del ciclo estral de la cabra basado en Fatet et al., 2011.....	6
Figura 2. Formato empleado en el registro de las interacciones sociales entre las cabras del experimento.....	20
Figura 3. Diagrama del diseño experimental.	21

ABREVIATURAS

CC	Condición corporal
DUR	Duración del celo
eCG	Gonadotropina coriónica equina
FSH	Hormona folículo estimulante
GnRH	Hormona liberadora de gonadotropinas
IE	Inducción al estro
LH	Hormona luteinizante
P4	Progesterona
PC	Proteína cruda
PV	Peso vivo
RSA	Rango Social Alto
RSB	Rango Social Bajo
RSM	Rango Social Medio
US-ANE	Ultrasonido para definir anestro
US-OV	Ultrasonido para definir ovulación

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción caprinos han tenido un papel importante en la alimentación de la población de países en vías de desarrollo (Pulina et al., 2018; FAO, 2020), sobre todo en regiones áridas y semiáridas de difícil subsistencia donde prevalece la pobreza, escasez de agua y la sequía (González-Bulnes et al., 2011; Miller y Lu 2019; Ayeb, 2020).

Diversos estudios se han enfocado a tratar de contrarrestar el efecto negativo de la estacionalidad reproductiva en el comportamiento productivo de los caprinos. Tal es el caso de los protocolos a base de progesterona más eCG, que inducen efectivamente el estro y la ovulación en cabras anovulatorias (Fonseca et al., 2005; Holtz, 2005; Souza et al., 2001). Sin embargo, algunos factores como las relaciones sociales, podrían modificar la respuesta sexual de las hembras caprinas a éstos tratamientos. Por ejemplo, el rango social puede afectar la actividad reproductiva en los pequeños rumiantes, tanto en machos como en hembras (Pérez, 2020; Aguirre et al., 2007; Álvarez et al., 2007; Pelletier y Festa-Bianchet, 2006; Côté, 2000). En cabras anovulatorias expuestas al efecto macho, se encontró que las hembras dominantes ovularon anticipadamente respecto a las hembras subordinadas. Lo anterior puede ser debido, a un contacto más estrecho entre las cabras dominantes y el macho (Álvarez et al., 2003).

Por otra parte, en cabras de Cachemira estimuladas sexualmente por machos activos, se observó que las cabras dominantes respondieron en las primeras cuatro horas generando una mayor secreción de LH en comparación con las cabras de rango social bajo (Álvarez et al., 2007). Dada la estrecha relación entre la función reproductiva y el estado metabólico, se ha sugerido que los animales con mayor jerarquía social, logran mayores pesos vivos y mejores condiciones corporales lo que se relaciona con un mayor éxito reproductivo, sugiriendo un enlace entre el rango social, el éxito reproductivo y el estado metabólico (Meza-Herrera y Tena-Sempere, 2012).

En el caso de las cabras domésticas, existen escasas evidencias que describan la interacción entre el rango social, el estado metabólico y la actividad reproductiva. En efecto, investigaciones previas han sido enfocadas a explicar cómo influye el peso corporal, la presencia de cuernos y la edad, sobre el rango social. El presente estudio plantea evaluar la posible influencia del rango social y el estado metabólico sobre la inducción a la actividad reproductiva en cabras anéstricas, tratadas con un protocolo hormonal a base progesterona intramuscular más eCG.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la influencia del rango social y el estado metabólico sobre la inducción a la actividad reproductiva en cabras anéstricas, tratadas a base de progesterona intramuscular más eCG.

Objetivos particulares

1. Evaluar diferentes dosis de eCG respecto a su eficacia para inducir la actividad sexual en cabras anéstricas.
2. Determinar si el rango social afecta la respuesta sexual de las cabras anéstricas al ser sometidas a un tratamiento hormonal de eCG.
3. Definir si el rango social se relaciona positivamente con el estado metabólico y el éxito reproductivo en las cabras tratadas.

HIPÓTESIS

1. La actividad sexual de las cabras en anestro estacional podrá ser inducida con una dosis de 100 UI de eCG.
2. La actividad sexual de las cabras, inducida por la aplicación de eCG será mayor en las hembras de alto rango social respecto a aquellas con rangos sociales inferiores.
3. El éxito reproductivo mostrado por las hembras con mayor rango social estará ligado positivamente con el estado metabólico.

CAPITULO II

REVISION DE LITERATURA

Tendencias actuales de la caprinocultura

Los caprinos juegan un rol importante en la alimentación de las poblaciones en países en desarrollo aportando leche y carne principalmente (Miller y Lu, 2019), se estima que alrededor del 90% de la carne que se consume a nivel mundial proviene de los países en vías de desarrollo (FAO, 2020).

El inventario mundial de cabras en el 2018 fue de 1,046 millones de cabezas, los tres países con mayor inventario son China, India y Nigeria con el 33% del inventario mundial, México ocupa el 24º lugar con un inventario de 8 millones 750 mil cabezas de caprinos. La producción caprina en México durante el 2019 genero un valor económico cercano a los 3, 683,340 miles de pesos (SIAP, 2020), particularmente para el mismo año en la Comarca Lagunera el valor económico que apporto el sector caprino fue de 512,750 miles de pesos (14% del valor económico nacional caprino), donde el 70% de este valor proviene de la producción láctea (SIAP, 2020).

Estacionalidad reproductiva de los caprinos

La mayoría de los ecosistemas del mundo presentan variaciones estacionales en el clima y subsecuentemente en la disposición del alimento. A medida que estos hábitats se alejan del ecuador las variaciones estacionales son más marcadas. Por lo anterior, podemos conceptualizar la estacionalidad reproductiva como un mecanismo que ejercen algunos mamíferos para adaptarse a su medio ambiente, con el fin de que los partos se presenten en el mejor momento del año y las crías tengan mayores probabilidades de sobrevivir (Bronson y Heideman, 1994; Bronson, 1985). En este sentido, las cabras del subtrópico mexicano presentan su actividad reproductiva durante el otoño y el invierno (septiembre a febrero), con la finalidad de que los partos se presenten durante la primavera y el verano. Asimismo, el periodo del anestro estacional en estas hembras ocurre de marzo a agosto (Duarte et al., 2010).

Ciclo estral de la cabra

Las cabras son consideradas como poliéstricas estacionales, ya que presentan varios ciclos estrales en una época definida del año (Rivera-Lozano et al., 2011), con excepción de las cabras del trópico que presentan ciclos estrales continuos durante todo el año (Chemineau, 1993). El ciclo estral lo podemos definir como el lapso de tiempo entre dos estros, en donde la hembra muestra modificaciones hormonales, anatómicas y de comportamiento. En la cabra, el ciclo estral tiene una duración promedio de 21 días y clásicamente se ha dividido en dos fases: la fase folicular y la fase lútea, cada fase está caracterizada por una hormona dominante y una respectiva estructura ovárica (Fatet et al., 2011). Asimismo, la fase folicular está subdividida en proestro y estro. El proestro empieza con la regresión del cuerpo lúteo y una disminución drástica en los niveles de progesterona (De Castro et al., 1999; Bono et al., 1983). Subsecuentemente, la liberación de la FSH por la adenohipófisis promueve un rápido crecimiento folicular, teniendo como resultado un aumento en la síntesis y secreción del estradiol (Medal et al., 2003); la duración del proestro tiene un promedio de 3 días (Fatet et al., 2011). En turno, el estro se define como el periodo de receptibilidad sexual de la hembra hacia el macho. En esta fase, la hembra presenta el pico más elevado de estradiol, desencadenando los comportamientos típicos del estro en la hembra (Fabre-Nys y Gelez, 2007; Saïd et al., 2007), observando el desarrollo de los folículos dominantes listos para la ovulación. Es importante mencionar que debido al efecto de la retroalimentación positiva del estradiol sobre la producción de GnRH, se genera el pico preovulatorio de LH, desencadenando así la ovulación. La expulsión del ovocito ocurre de 9 a 37 horas después de haber iniciado el estro, el cual tiene una duración promedio de tres días (Fatet et al., 2011; Rahman et al., 2008; Saïd et al., 2007).

Por su parte, la fase lútea se subdivide en metaestro y diestro (Fatet et al., 2011). El metaestro inicia con la ovulación y tiene una duración de 2 a 5 días. Posterior a la ovulación, la secreción de estradiol empieza a disminuir y la estructura ovárica resultante es el cuerpo hemorrágico, en donde las células de la granulosa y de la teca interna empiezan a unirse para dar lugar al tejido del cuerpo lúteo.

En este momento del ciclo estral, la producción de progesterona se realiza en bajas cantidades (Fatet et al., 2011). El diestro se caracteriza por ser la etapa más larga del ciclo estral con una duración de 12 días en promedio, en donde el cuerpo lúteo es totalmente funcional; por lo que la secreción de progesterona alcanza sus niveles más elevados. Asimismo, la progesterona tiene una retroalimentación negativa sobre la liberación de gonadotropinas (FSH y LH) con el fin de inhibir la ovulación. Posteriormente, si no ocurre la implantación del embrión, el endometrio empezará a secretar prostaglandinas $f2\alpha$ para generar la lisis del cuerpo lúteo y empezar un nuevo ciclo estral (Fatet et al., 2011; Figura 1).

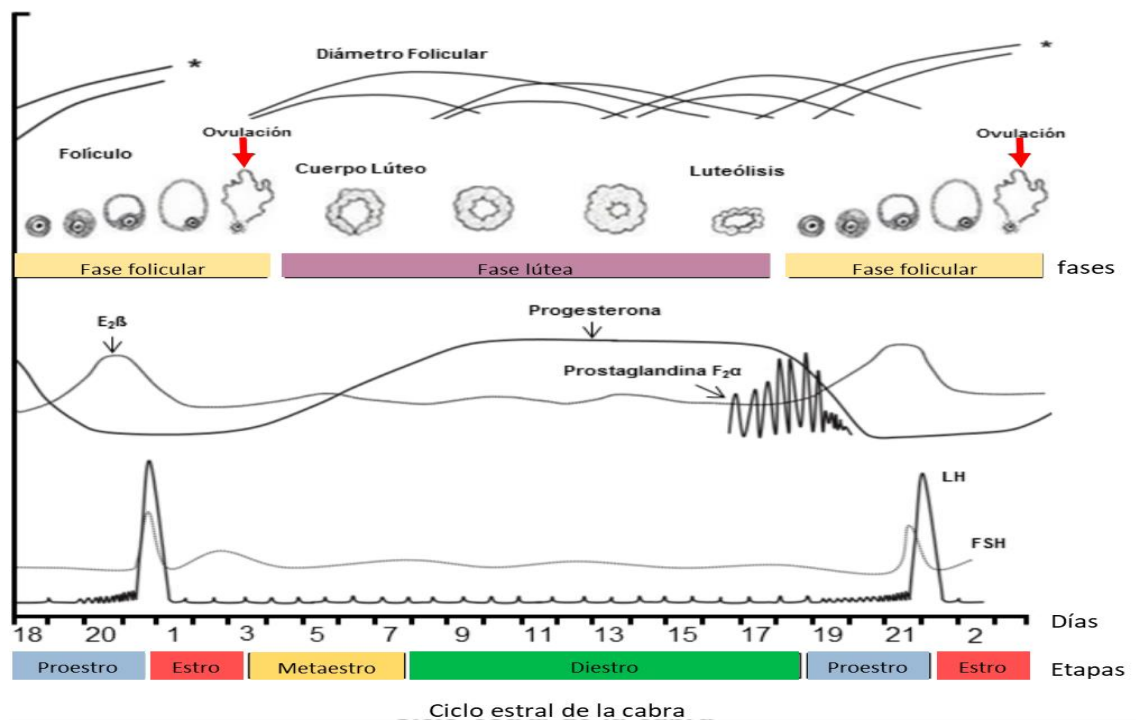


Figura 1. Representación esquemática del ciclo estral de la cabra basado en Fatet et al., 2011.

Inducción a la actividad reproductiva en hembras caprinas con tratamientos hormonales a base de progesterona + eCG

Los análogos de progesterona con más utilidad para sincronizar e inducir el estro, son el acetato de fluorogestona (FGA) y la medroxiprogesterona (MAP) aplicados por medio de esponjas intravaginales (Holtz, 2005; Romano, 2004). Otras formas de administrar la progesterona es la utilización de presarios vaginales en forma de “Y” (CIDR) (Vilariño et al., 2011;), implantes subcutáneos de liberación lenta

(Holtz, 2005) y la más actual, de forma intramuscular (Contreras-Villarreal et al., 2015). Los primeros tratamientos a base de progesterona tenían una duración de 21 días, simulando la duración promedio de un ciclo estral (Corteel, 1975). En consecuencia, éstos tratamientos de larga duración repercutían negativamente en la fertilidad de las hembras (Menchaca y Rubianes, 2004; Viñoles et al., 2001). Por lo tanto, en la actualidad se han elaborado protocolos hormonales que han reducido la cantidad de progesterona empleada, minimizando así, su efecto negativo sobre la fertilidad (Contreras-Villarreal et al., 2015; Rodríguez-Martínez et al., 2013; Vilariño et al., 2011). En conjunto con el uso de progesterona, se han utilizado aplicaciones de eCG (gonadotropina coriónica equina) con el fin de asegurar el crecimiento folicular y posteriormente la ovulación (Contreras-Villarreal et al., 2015; Rodríguez-Martínez et al., 2013; Fonseca et al., 2005). La aplicación de la eCG, se puede hacer inmediatamente al retirar los dispositivos intravaginales o 24 horas después de haber suministrado la progesterona intramuscular (De Santiago--Miramontes et al., 2011). Las dosis utilizadas van de 200 UI hasta 500 UI, (Contreras-Villarreal et al., 2015; Pietroski et al., 2013; Vilariño et al., 2011; Holtz, 2005).

La jerarquía social

Los caprinos son considerados una especie altamente sociable y gregaria, tanto en vida silvestre como en estabulación (Álvarez et al., 2003; Côté, 2000; Founier y Festa-Bianchet, 1995). Al respecto, existen ventajas de vivir en sociedad, como son: la protección contra los depredadores, la defensa del territorio ocupado y una mayor probabilidad de encontrar alimento y compañeros sexuales (Broom y Fraser, 2007; Craight, 1981;). En contraparte, también existen desventajas de vivir en sociedad, por ejemplo: contraer enfermedades infecciosas, distribución imparcial de los recursos como son agua, alimento, y lugares de descanso (Ungerfeld y Correa, 2007; Côté, 2000; Founier y Festa-Bianchet, 1995).

Podemos describir a la jerarquía como la estructura social del grupo, donde existen animales dominantes y animales subordinados (Álvarez et al., 2003; Barroso et al., 2000; Craig, 1981). En este sentido, el rango social es la posición

que ocupa un individuo dentro de la estructura social del rebaño (Pelletier y Festa-Bianchet, 2006; Côté, 2000), donde el animal dominante posee un rango alto y el subordinado a un rango bajo (Côté, 2000). Se ha propuesto que el rango social es definido básicamente por el peso corporal, la presencia de cuernos y la edad del animal (Pelletier y Festa-Bianchet, 2006; Barroso et al., 2000; Côté, 2000).

Efecto del rango social sobre la reproducción

Se ha descrito el efecto que tiene el rango social sobre la actividad reproductiva en rumiantes, observando que los individuos de alto rango social tienen en general un mayor éxito reproductivo respecto a los animales de rangos sociales inferiores (Aguirre et al., 2007; Álvarez et al., 2007; Dušek et al., 2007; Pelletier y Festa-Bianchet, 2006; Pluháček et al., 2006; Côté y Festa-Bianchet, 2001). Tal es el caso del ciervo rojo (*Cervus elaphus*), donde las hembras dominantes son fertilizadas anticipadamente que las hembras subordinadas (Clutton-Brock et al., 1986). Otro ejemplo es la cabra de montaña (*Oreamnos americanus*), donde las madres de alto rango social presentan una mejor habilidad maternal que las madres subordinadas, por lo que aumenta la supervivencia de sus crías (Côté y Festa-Bianchet, 2001). En cabras domésticas expuestas al efecto macho, se observó que las hembras dominantes tienen una mejor expresión del estro y ovulan antes que las hembras de rango social bajo, lo anterior puede ser debido a que las hembras dominantes tienen un mayor acceso al macho y como consecuencia una mayor estimulación sexual (Álvarez et al., 2007, 2003).

Por otra parte, en estudios con machos cabríos durante la época reproductiva, los animales de alto rango social presentan mayores concentraciones de testosterona, un mayor volumen de semen eyaculado y mejores concentraciones espermáticas que los animales subordinados (Pérez Muñoz, 2020). En el caso de los carneros, los machos dominantes presentan más montas exitosas que los machos de rango social bajo. Además, los carneros de rango social alto restringen en su actividad reproductiva a los carneros de rangos sociales inferiores (Hulet et al., 1962). Se ha comprobado en corderos, que los animales dominantes llegan anticipadamente a la pubertad en relación a los corderos

subordinados. Además, los corderos dominantes despliegan un mejor comportamiento sexual cuando son expuestos a las hembras (Ungerfeld y González-Pensado, 2008). Dada la estrecha relación entre la función reproductiva y el estado metabólico, se ha sugerido que los animales con mayor jerarquía social, logran mayores pesos vivos y mejores condiciones corporales lo que se relaciona con un mayor éxito reproductivo, sugiriendo un enlace entre el rango social, el éxito reproductivo y el estado metabólico (Meza-Herrera y Tena-Sempere, 2012).

LITERATURA CITADA

- Aguirre, V., Orihuela, A., Vázquez, R. (2007). Seasonal variations in sexual behavior, testosterone, testicular size and semen characteristics, as affected by social dominance, of tropical hair rams (*Ovis aries*). *Animal Science Journal*, 78(4), 417-423.
- Álvarez, L., Martín, G., Galindo, F., y Zarco, L. (2003). Social dominance of female goats affects their response to the male effect. *Applied Animal Behaviour Science*, 84(2), 119-126.
- Álvarez, L., Zarco, L., Galindo, F., Blache, D. y Martín, G. (2007). Social rank and response to the “male effect” in the Australian Cashmere goat. *Animal Reproduction Science*, 102(3-4), 258-266.
- Barroso, F.G., Alados, C.L. y Boza, J. (2000). Social hierarchy in the domestic goat: effect on food habits and production. *Applied Animal Behaviour Science* 69: 35–53.
- Base de datos estadísticos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020) [consultado el 1 de octubre del 2020]. Disponible en: <http://faostat.fao.org/>.
- Bono, G., Cairoli, F., Tamanini, C., Abrate, L. (1983). Progesterone, estrogen, LH, FSH and PRL concentrations in plasma during the estrous cycle in goat. *Reproduction Nutrition Développement* 23: 217-222.
- Bronson, F. (1985). Mammalian reproduction: An ecological perspective. *Biology Reproduction*, 32: 1-26.
- Bronson, F., Heideman, P. D. (1994). Seasonal regulation of reproduction in mammals. *Physiology of Reproduction* (E. Knobil, and J. D. Neill, Eds.), pp. 541–583.
- Broom, D., Fraser, A.F. (2007). *Domestic animal behaviour and welfare*. pp. 40-51.

- Chemineau, P. (1993). Reproducción de las cabras originarias de las zonas tropicales. *Revista científica FCV- LUZ*. 3(3): 167-172
- Clutton-Brock, T.J., Albon, S.D., Binness, F.E. (1986). Great expectations: dominance, breeding success and offspring sex ratios in red deer. *Animal behaviour*, 34: 460-471.
- Contreras-Villareal, V., Meza-Herrera, C.A., Rivas-Muños, R., Ángel-García, O., Luna-Orozco, J.R., Carrillo, E., Mellado, M., Véliz-Deras, F.G. (2015). Reproductive performance of seasonally anovular mixedbred dairy goats induced to ovulate with a combination of progesterone and eCG or estradiol. *Animal Science Journal*, 87(6), 750-755.
- Corteel, JM. (1975). The use of progestagens to control the oestrous cycle of the dairy goat. *Annales de Biologie Animale Biochimie Biophysique*, 15: 353-363.
- Côté, S.D. (2000). Dominance hierarchies in female mountain goats: stability, aggressiveness and determinants of rank. *Behaviour*. 137: 1541-1566.
- Côte, S.D., Festa-Bianchet, M. (2001). Reproductive success in female mountain goats: the influence of age and social rank. *Animal behaviour*, 62: 173-181.
- Craig, J.V. (1981). Socialization, in: Craig, J.V. (Ed.), Domestic animal behavior: causes and implications for animal care and management, Prentice-Hall, New Jersey, pp. 110-125.
- De Castro, T., E. Rubianes, A. Menchaca y A. Rivero. (1999). Ovarian dynamics, serum estradiol and progesterone concentrations during the interovulatory interval in goats. *Theriogenology* 52: 399-411.
- De Santiago-Miramontes, M. A., J. R. Luna-Orozco, C. A. Meza-Herrera, R. Rivas-Muñoz, E. Carrillo, F. G. Véliz- Deras y M. Mellado. (2011). The effect of flushing and stimulus of estrogenized does on reproductive performance of anovulatory-range goats. *Tropical animal health and production*, 43(8): 1595-1600.

- Duarte, G., Nava-Hernández, M.P., Malpaux, B., Delgadillo, J.A. (2010). Ovulatory activity of female goats adapted to the subtropics is responsive to photoperiod. *Animal Reproduction Science*, 120: 65-70.
- Fabre-Nys, C. y H. Gelez. (2007). Sexual behavior in ewes and other domestic ruminants. *Animal behaviour*, 52: 18-25.
- González-Bulnes, A., Meza-Herrera, C., Rekik, M., Ben Salem, H., y Kridli, R. (2011). Limiting factors and strategies for improving reproductive outputs of small ruminants reared in semi-arid environments. *Semi-Arid Environments: Agriculture, Water Supply and Vegetation; Degenovine, KM, Ed*, 41-60.
- Holtz, W. (2005). Recent developments in assisted reproduction in goats. *Small Ruminant Research*, 60: 95-110.
- Hulet, C.V., Ercanbrack S.K., Blackwell, R.L., Price, D.A., Wilson, L.O. (1962). Mating behavior of the ram in the multisire pen. *Animal Science Journal*, 21: 865-869.
- Menchaca, A., Rubianes, E. (2004). New treatments associated with timed artificial insemination in small ruminants. *Reproduction, Fertility and Development*, 16: 403-413.
- Meza-Herrera, C. A. y Tena-Sempere, M. (2012). Interface between nutrition and reproduction: the very basis of production. En: *Animal Reproduction in Livestock*. S., Astiz, y A., Gonzalez (Eds.), Encyclopedia of Life Support Systems. Oxford, UK: Eolss Publishers.
- Miller, BA y Lu, CD (2019). Situación actual de la producción mundial de cabras lecheras: una descripción general. *Revista de ciencias animales de Asia y Australia*, 32 (8), 1219–1232. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0253>
- Pelletier, F., Festa-Bianchet, M. (2006). Sexual selection and social rank in bighorn rams. *Animal behaviour*, 71: 649-655
- Pérez Muñoz, G. (2020). Efecto de dominancia social sobre comportamiento sexual, calidad seminal y variaciones hormonales en machos cabríos

jóvenes criados en parejas durante la estación reproductiva [Tesis maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León].
<http://eprints.uanl.mx/id/eprint/19986>

- Pietroski, A., Brandão, F., Souza, J. y Fonseca, J. (2013). Short, medium or long-term hormonal treatments for induction of synchronized estrus and ovulation in Saanen goats during the nonbreeding season. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 42(3), 168-173.
- Pluháček, J., Bartoš, L., Čulík, L. (2006). High-ranking mares of captive plains zebra *Equus burchelli* have greater reproductive success than low-ranking mares. *Applied Animal Behaviour Science* 99: 315–329.
- Pulina, G., Milán, M., Lavín, M., Theodoridis, A., Morin, E., Capote, J., Thomas, D., Francesconi, A. y Caja, G. (2018). Invited review: Current production trends, farm structures, and economics of the dairy sheep and goat sectors. *Journal of dairy science*, 101(8), 6715–6729.
<https://doi.org/10.3168/jds.2017-14015>
- Rahman, A., Abdullah, R., Wan-Khadijah, W. (2008). Estrus synchronization and superovulation in Goats: A Review. *Journal of Biological Sciences*, 8: 1129-1137.
- Rivera-Lozano, M. T., M. O. Diaz-Gómez, J. Urrutia-Morales, H. Vera-Ávila, H. Gámez-Vázquez, E. Villagomez- Amezcua Manjarrez, C. Aréchiga-Flores y F. Escobar-Medina. (2011). Seasonal variation in ovulatory activity of Nubian, Alpine and Nubian x Criollo does under tropical photoperiod (22°N). *Tropical animal health and production*, 14: 973-980.
- Rodríguez-Martínez, R., Ángel-García, O., Guillén-Muñoz, J.M., Robles-Trillo, P.A., De Santiago-Miramontes M. A., Meza- Herrera, C.A., Mellado, M., Véliz, F.G. (2013). Estrus induction in anestrus mixed-breed goats using the “female-to-female effect”. *Tropical animal health and production*, 45: 911-915.

- Romano, J. E. (2004). Synchronization of estrus using CIDR, FGA or MAP intravaginal pessaries during the breeding season in Nubian goats. *Small Ruminant Research* 55: 15-19.
- Saïd, S.B., Lomet, D., Chesneau, D., Lardic, L., Canepa, S., Guillaume, D., Briant, C., Fabre-Nys, C., Caraty, A. (2007). Differential estradiol requirement for the induction of estrus behavior and the luteinizing hormone surge in two breeds of sheep. *Biology Reproduction*, 76: 673-680.
- SIAP. (2020). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Cierre de la producción pecuaria. SIACON sistema de información agroalimentaria de consulta. Consultado: <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430>
- Souza, J.M.G., C.A.A., Torres, A.L.R.S., Maia, F.Z., Brandão, J.H., Bruschi, J.H.M., Viana, E., Oba, J.F., Fonseca. (2001). Autoclaved, previously used intravaginal progesterone devices induces estrus and ovulation in anestrus Toggenburg goats. *Animal reproduction science*, 129: 50–55.
- Ungerfeld, R., Correa, O., (2007). Social dominance of female dairy goats influences the dynamics of gastrointestinal parasite eggs. *Applied Animal Behaviour. Science* 105: 249–253.
- Ungerfeld, R., González-Pensado, S. P. (2008). Social rank affects reproductive development in male lambs. *Animal reproduction science*, 109: 161 171.
- Vilariño, M., E., Rubianes, A., Menchaca. (2011). Re-use of intravaginal progesterone devices associated with the Short-term Protocol for timed artificial insemination in goats. *Theriogenology*. 75: 1195-1200
- Viñoles, C., Forsberg, M., Banchemo, G., Rubianes, E. (2001). Effect of long term and short-term progestagen treatment on follicular development and pregnancy rate in cyclic ewes. *Theriogenology*. 4: 993-1004.

CAPÍTULO III

INTERACCIÓN ENTRE RANGO SOCIAL, ESTADO METABÓLICO Y DOSIS DE ECG SOBRE LA INDUCCIÓN-DURACIÓN DEL ESTRO EN CABRAS ANÉSTRICAS

INTERACTION BETWEEN SOCIAL RANGE, METABOLIC STATUS AND ECG DOSE ON THE INDUCTION-DURATION OF ESTRO IN ANESTRIC GOATS

RESUMEN

Las cabras, al ser animales gregarios, ejercen competencia por alimento y pareja sexual. Se evaluó la influencia del rango social (RS) en cabras anéstricas, tratadas con un protocolo de inducción de estro (PIE) a base progesterona (P4) más dos niveles (Dosis; D) gonadotropina coriónica equina (eCG) sobre la inducción de la actividad reproductiva. Se realizó un estudio conductual en cabras adultas, múltiparas de tipo lechero (Alpina-Saanen-Nubia x Criollo; n = 70; 25° 51' norte) en un sistema de producción intensivo para definir el rango social (alto-RSA; medio-RSM; bajo-RSB). Las cabras fueron sometidas a un PIE con P4 y una dosis diferenciada de eCG (D100 vs D350 mg). Las variables respuesta metabólicas fueron peso vivo (PV, kg) y condición corporal (CC, unidades). Existió un efecto de interacción RS x D para PV; los RSA y RSM mostraron mayores valores respecto al RSB tanto en D100 (47.6, 43.4 vs 30.0 kg) como en D350 (47.4, 44.7 y 33.0 kg). La CC no difirió ($P > 0.05$) entre grupos experimentales, observando un valor promedio de 1.88 unidades. Las variables respuesta reproductivas, inducción (IE, %) y duración (DUR, h) del estro, también fueron afectadas ($P < 0.05$) por la interacción RS x D. En general, los mayores valores para IE ocurrieron en las cabras con RSA y RSM, respecto al RSB, tanto en D100 (92, 79 y 38 %), y D350 (100, 64, y 70 %). Una tendencia similar ocurrió respecto a DUR; con valores para RSA, RSM y RSB en D100 de 29.5, 18.9 y 7.5 h, y de 28.4, 18.9 y 25.2 h en D350. Los resultados demostraron que las cabras con mayor rango social lograron el mejor comportamiento reproductivo, sugiriendo el uso de un nivel reducido de hormonas exógenas para inducir el estro y generar un incremento en la eficiencia reproductiva a contra-estación.

Palabras clave: cabras, estado metabólico, anestro estacional, jerarquía social.

Tesis de Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente en Zonas Áridas
Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo
Autor: Mendoza Cortina Adela
Directores de tesis: Meza Herrera Cesar Alberto y Zúñiga García Santiago

ABSTRACT

Goats, being gregarious animals, exert competition, for food and sexual partners. The influence of social rank (SR) in anestrus goats, treated with a protocol of estrus induction (PIE) based on progesterone (P4) plus two levels (Dose; D) equine chorionic gonadotropin (eCG) was evaluated upon induction of reproductive activity. A behavioral study was carried out in adult, multiparous dairy-type goats (Alpina-Saanen-Nubia x Criollo; n = 70; 25° 51' North) in an intensive production system to define the social range (high-RSA; medium-RSM; low-RSB). The goats were subjected to a PIE with P4 and two differentiated doses of eCG (D100 vs D350 mg). The metabolic response variables were live weight (LW, kg) and body condition (BC, units). A RS x D interaction occurred for PV; RSA and RSM showed higher values with respect to RSB both in D100 (47.6, 43.4 vs 30.0 kg) and in D350 (47.4, 44.7 and 33.0 kg). The CC did not differ ($P > 0.05$) among experimental groups observing an average value of 1.88 units. The reproductive response variables, induction (IE, %) and duration (DUR, h) of estrus were also affected ($P < 0.05$) by the RS x D interaction. In general, the highest values for IE occurred in RSA and RSM goats with respect to the RSB, both in D100 (92, 79 and 38%), and in D350 (100, 64, and 70%). A similar trend occurred regarding to DUR, with values for RSA, RSM and RSB in D100 of 29.5, 18.9 and 7.5 h, as well as of 28.4, 18.9 and 25.2 h in D350. Results demonstrated that the goats with the highest social rank achieved the best reproductive performance, suggesting the use of a reduced level of exogenous hormones to induce estrus and generate an out-of-season increase in reproductive efficiency.

Key words: goats, metabolic status, seasonal anestrus, social hierarchy.

Master of Science Thesis in Natural Resources and Environment in Arid Zones
Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo
Author: Mendoza Cortina Adela
Advisors: Meza Herrera Cesar Alberto & Zúñiga-García Santiago

INTRODUCCIÓN

Algunos mamíferos presentan un periodo de estacionalidad en su actividad reproductiva, con el propósito de hacer coincidir la época del año más favorable para sus partos (Bronson, 1985; Bronson y Heideman, 1994) como es el caso de las cabras, las cuales enfrentan un periodo de anestro estacional, debido a las variaciones en el fotoperiodo. Las cabras de la Comarca Lagunera (26°N), manifiestan un periodo de inactividad sexual entre marzo y agosto (Duarte et al., 2010). Dicho anestro reproductivo ocasiona que los productos obtenidos de las cabras, la leche y el cabrito, se oferten también de manera estacional, minimizando así los recursos económicos obtenidos en éste sector productivo en épocas definidas del año (Delgadillo, 2018).

Con el propósito de que la producción láctea y cárnica se distribuya de manera homogénea a través del año se han realizado diversas investigaciones enfocadas en contrarrestar la estacionalidad, un claro ejemplo son los protocolos a base de progesterona más eCG, que inducen efectivamente el estro y la ovulación en cabras anovulatorias (Fonseca et al., 2005; Holtz, 2005, Souza et al., 2001). Sin embargo, algunos factores como las relaciones sociales, podrían modificar la respuesta sexual de las hembras caprinas a éstos tratamientos.

El establecimiento de jerarquías sociales es una parte integral del comportamiento animal presente en numerosas especies ocurriendo de manera natural (Villagrán, 2019). La jerarquía social implica que los individuos de mayor posición jerárquica posean acceso preferencial a diferentes recursos, como los alimentos, agua, sombra y compañero sexual. El acceso desigual a recursos tiene mayores consecuencias cuando los recursos son escasos que cuando son abundantes como es el caso de las zonas áridas donde la competencia por alimento es mayor (Escareño et al., 2012).

El presente estudio evalúa la influencia del rango social y el estado metabólico sobre la inducción a la actividad reproductiva en cabras anéstricas, tratadas con un protocolo hormonal a base progesterona intramuscular más eCG.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio

El estudio se desarrolló en el Ejido Colón, Municipio de Francisco I. Madero, Coahuila, México, que se encuentra en Latitud 25° 50' N, Longitud 103° 16' O y altitud de 1108 msnm. Esta región posee un clima semiárido donde la precipitación media anual es de 266 mm (rango: 163 a 504 mm) entre junio y septiembre. Las variaciones del fotoperiodo en la región son de 13:41 horas luz durante el solsticio de verano y de 10:19 horas luz durante el solsticio de invierno (INEGI, 2009).

Unidades experimentales

Este estudio se llevó a cabo durante los meses de marzo-abril de 2019, periodo que corresponde al anestro estacional en el subtrópico mexicano. Se utilizaron 70 cabras multirraciales estabuladas, alimentadas con heno de alfalfa a libre acceso y cada una de ellas recibió 200 g de concentrado comercial por día (14% PC). El agua y las sales minerales se proporcionaron *ad libitum*. Para determinar el estado anéstrico de las unidades experimentales, se realizó un análisis ultrasonográfico (Aloka 500, Richmond, Canadá) con un transductor transrectal de 7.5 Mhz en los días -8 y -2 descritos en el diseño experimental.

Determinación del rango social de las hembras

Un mes previo al inicio del experimento, las cabras fueron divididas en forma homogénea en dos grupos; el rango social de cada hembra se determinó del 07 al 13 de marzo de 2019. Para ello, se realizó el estudio conductual adaptado de Álvarez et al. (2003) y Barroso et al. (2000), que consiste en evaluar durante cuatro horas ininterrumpidas y por siete días consecutivos las siguientes interacciones agonísticas:

- Golpes: cuando un individuo golpea, especialmente con la cabeza, a otro individuo. Esta agresión también puede incluir mordiscos.

- Amenazas: cuando un individuo hace intenciones de golpear a otro individuo, la amenaza puede ocurrir con la cabeza o con el tronco del cuerpo, pero sin alcanzarlo o tocar.
- Empujar: Cuando un individuo empuja con su cuerpo a otro individuo, pero sin golpearlo, con el fin de desplazarlo de un lugar determinado.
- Persecución: Conducta donde un individuo se mueve intencionalmente hacia otro animal provocando la huida en seguimiento de por lo menos tres metros.
- Huida: Cuando después de una amenaza, golpe o empuje, un individuo decide abandonar el lugar y huir de su contrincante.
- Evasión: Cuando un individuo, ante la amenaza de otro animal, decide abandonar el encuentro o la interacción.

La información de las interacciones agonísticas se registró en un formato especial para el estudio conductual (**figura 2**). Cabe mencionar que las observaciones conductuales fueron realizadas por una sola persona y al momento de proporcionar la alimentación a todas las hembras (09:00). Además, se empleó una plataforma localizada estratégicamente para facilitar el registro de las interacciones agresivas entre los individuos. Este evento se repitió cada día, a la misma hora. Con la información obtenida del estudio conductual, se procedió a calcular el índice de éxito para cada hembra con la siguiente fórmula (Martín y Bateson, 2007):

$$\text{índice de éxito} = \frac{\text{Número de individuos que es capaz de desplazar}}{\text{número de individuos que es capaz de desplazar} + \text{número de individuos que lo desplazaron}}$$

De acuerdo al índice de éxito obtenido de cada hembra, se clasificó de la forma siguiente (Álvarez et al., 2003):

- Índice de éxito de 0 a 0.33, animales de rango bajo.
- Índice de éxito de 0.34 a 0.66, animales de rango medio.
- Índice de éxito de 0.67 a 1, animales de rango alto.

FORMATO PARA MEDIR INTERACCIONES SOCIALES

FECHA: _____

HORA DEL DIA: _____

OBSERVADOR: _____

ESPECIE: CAPRINA _____

ANIMAL EMISOR		ANIMAL RECEPTOR		CONSECUENCIA
ID	CONDUCTA	ID	CONDUCTA	

- NOMENCLATURA: G=GOLPE, A=AMENAZA, E=EVASION, H=HUIDA, EM=EMPUJAR, P=PERSECUCIÓN, ID=IDENTIDAD DEL ANIMAL.
- CONSECUENCIA: SE PONE LA ID DEL ANIMAL QUE GANO EL ENCUENTRO O SI NO HUBO GANADOR.

Figura 2. Formato empleado en el registro de las interacciones sociales entre las cabras del experimento.

Diseño experimental

Una vez obtenido el rango social de todas las hembras, se procedió a aplicar los tratamientos hormonales, definidos en dos grupos, el grupo D100 (n=35) y el grupo D350 (n=35). El día 21 de marzo (día -1) a todas las cabras se les aplicó de manera intramuscular 25 mg de progesterona (Progesvit®, Brovel). 24 horas después (día 0), el grupo D100 recibió 100 UI de eCG (Folligon®, Intervet) y en éste mismo día las hembras del grupo D350 se les administró 350 UI de eCG por vía intramuscular. Del día 0 al día 7 se observó la actividad estral (**Figura 3**).

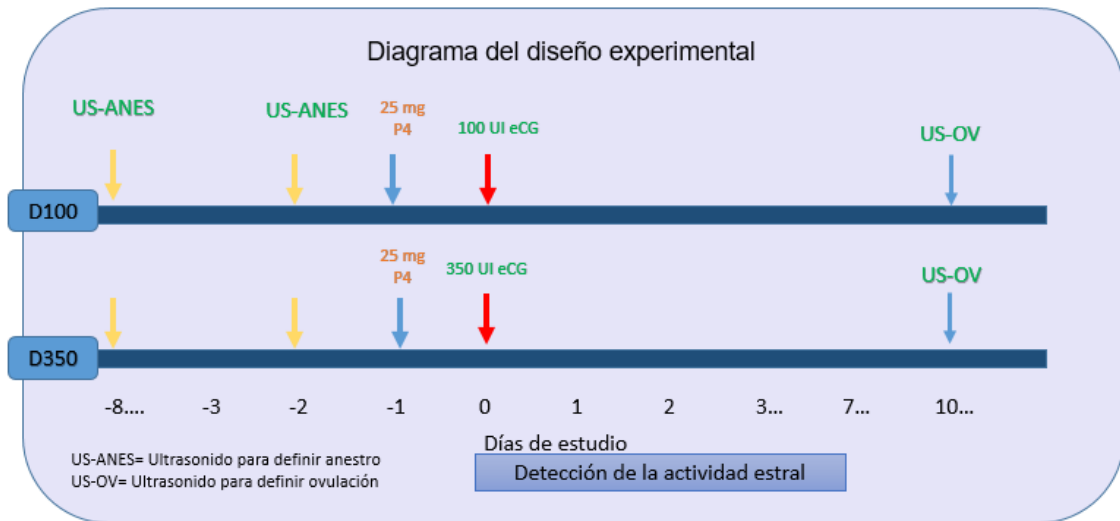


Figura 3. Diagrama del diseño experimental.

El estro fue evaluado dos veces por día durante 15 minutos (09:00 y 17:00 h). Se utilizaron siete machos celadores sexualmente activos, los cuales portaron un mandil para evitar la cópula. Cabe mencionar que los machos fueron inducidos a la actividad sexual por medio de un tratamiento hormonal a base de testosterona, según el procedimiento descrito por Luna-Orozco et al. (2012). Por otra parte, se consideró una hembra en celo cuando ésta aceptó la monta del macho. Además, cada hembra detectada en estro fue servida por el macho en una sola ocasión. Se aclara, que la primera evaluación del estro se realizó 12 horas después de la aplicación de eCG.

Variables

Peso corporal

Se pesaron todas las hembras por única ocasión el 19 de marzo. Para ello, se utilizó una báscula electrónica con una capacidad de 200 kg y una precisión de 50 g. Las cabras fueron pesadas por la mañana antes de proporcionarles el alimento.

Condición corporal

Se tomó una sola observación para todas las cabras el 19 de marzo. Para ello se utilizó la técnica descrita por Walkden-Brown et al., (1997), la cual consiste en determinar mediante palpación la cantidad de tejido muscular y graso de la región

lumbar del animal. La escala de valores utilizada va de 1 a 4 con una precisión de 0.5 puntos.

Porcentaje de cabras inducidas al estro

Ésta variable se define como el total de hembras en estro del grupo entre el total de hembras del grupo por 100.

Duración del celo

Se define como el tiempo transcurrido entre la aplicación de eCG y la primera monta permitida por la cabra.

Análisis estadístico

El diseño estadístico fue un arreglo factorial 2 x 3 completamente aleatorizado con tres rangos (es decir, RSB, RSM, RSA) y dos dosis de eCG (es decir, 100 o 350 UI). Las variables peso vivo, condición corporal, inducción al estro, duración del estro, fueron analizadas con un ANOVA, el modelo incluyó las variables independientes dosis, rango social y la interacción, cada animal se consideró como una sola unidad experimental, La separación de medias consideró el procedimiento LSD, para probar sus diferencias mediante el procedimiento MEANS del procedimiento GLM (PROC GLM). Todos los análisis se calcularon mediante los procedimientos de SAS (SAS Inst. Inc. Versión 9.4, 2016, Cary, NC, EE. UU.); el nivel de significancia se fijó en $p < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto del rango social y la dosis de eCG sobre las variables de respuesta

En el **Cuadro 1** se muestran como las variables dependientes [inducción del estro (IE, %), peso vivo (PV, kg), duración del estro (DUR, h)] se ven afectadas por el rango social [R] (es decir, RSA, RSM y RSB) y la dosis de eCG [D] (es decir, 100 o 350 UI), así como la interacción R x D. Se identifica que no hay diferencias significativas para la variable CC con relación al rango social y la dosis de eCG. En las variables PV, IE y Dur se identifican diferencias solo para rango social, pero no para el efecto simple de la dosis de eCG.

Cuadro 1. Medias de mínimos cuadrados \pm error estándar para el peso vivo (PV, kg), condición corporal (CC, unidades), inducción del estro (IE, %), duración del estro (DUR, h), según el rango social (es decir, RSA, RSM y RSB) y la dosis de eCG (es decir, 100 o 350 UI) en cabras lecheras multirraciales (Alpina-Saanen-Nubia x Criollo; n = 70) manejadas en condiciones estabuladas en el norte de México.

Variables	Rango social (R)			Dosis de eCG (D)		Valor de <i>p</i>		
	RSB	RSM	RSA	100	350	R	D	R X D
PV (kg)	31.6 \pm 1.6 ^b	44.0 \pm 1.3 ^a	49.0 \pm 1.4 ^a	41.9 \pm 1.5 ^a	41.8 \pm 1.4 ^a	0.001	0.615	0.001
CC (unidades)	1.8 \pm 0.07 ^a	1.9 \pm 0.06 ^a	1.9 \pm 0.06 ^a	1.9 \pm 0.05 ^a	1.9 \pm 0.05 ^a	0.768	0.733	0.978
IE (%)	10/18 (56) ^b	20/28 (71) ^b	23/24 (96) ^a	26/35 (74) ^a	27/35 (77) ^a	0.007	0.599	0.019
Dur (h)	17.3 \pm 4.0 ^b	18.9 \pm 3.2 ^b	29.0 \pm 3.5 ^a	20.2 \pm 2.9 ^a	23.6 \pm 2.9 ^a	0.004	0.313	0.051

^{a,b,c} = Diferentes literales en la misma fila indican diferencias estadísticas significativas (P<0.05).

Si bien PV se vio afectado ($p < 0.05$) por el rango social (R), observándose los mejores valores de PV tanto en RSA como en RSM, el PV más bajo ocurrió en el RSB y no ocurrieron diferencias de PV ($p > 0.05$) entre las dosis (D) de eCG, además, ni R, ni D o incluso la interacción R x D afectaron la expresión fenotípica de la CC.

Efecto de la interacción entre el rango social x dosis de eCG sobre las variables de respuesta

La interacción rango x dosis ($p < 0.05$) afectó las variables de respuesta PV, % IE, DUR; por lo tanto, la información sobre dichas variables de respuesta en el RSA, RSM y RSB afectadas por las dosis de eCG, se muestran en el **cuadro 2**.

Si bien PV se vio afectado ($p < 0.05$) por la interacción R x D, los mejores valores de PV ocurrieron en RSA y RSM, mientras que las cabras de RSB tuvieron el PV más bajo, el último independientemente de la dosis de eCG. Además, el mayor % de IE ($p < 0.05$) se observó en las cabras RSA, independientemente de la dosis de eCG (es decir, 100 o 350 UI).

Cuadro 2. Medias de mínimos cuadrados \pm error estándar para peso vivo (PV, kg), inducción de estro (IE, %), duración del estro (DUR, h), afectados por la interacción del rango social (es decir, RSA, RSM y RSB) \times dosis de eCG (es decir, 100 o 350 mg) en cabras multirraciales (Alpina-Saanen-Nubia \times Criollo; n = 70) manejadas en condiciones intensivas de alimentación estabulada en Norte de México.

Variables	eCG-100			eCG-350		
	RSB	RSM	RSA	RSB	RSM	RSA
PV (kg)	30.0 \pm 2.4 ^b	43.4 \pm 1.8 ^a	47.6 \pm 1.9 ^a	33.0 \pm 2.1 ^b	44.7 \pm 1.8 ^a	47.4 \pm 2.1 ^a
CC (unidades)	1.9 \pm 0.11 ^a	1.9 \pm 0.08 ^a	1.8 \pm 0.08 ^a	1.9 \pm 0.10 ^a	1.9 \pm 0.08 ^a	1.9 \pm 0.09 ^a
IE (%)	3/8 ^c (38)	11/14 ^{ab} (79)	12/13 ^{ab} (92)	7/10 ^{ab} (70)	9/14 ^{bc} (64)	11/11 ^a (100)
Dur (h)	7.5 \pm 5.9 ^b	18.9 \pm 4.5 ^{ab}	29.5 \pm 4.6 ^a	25.2 \pm 5.3 ^a	18.9 \pm 4.5 ^{ab}	28.4 \pm 5.0 ^a

^{a,b,c} = Diferentes literales en la misma fila indican diferencias estadísticas significativas (P<0.05).

La dosis de 350 UI generó mayores porcentajes ($p < 0.05$) para la aparición del estro, independientemente del rango social. Respecto a la duración del estro (DUR, h), el estro más corto lo mostró la combinación RSB + D100 (7.5 ± 5.9), sin diferencias entre RSA y RSM con D100 o D350.

Los resultados obtenidos concuerdan con la hipótesis que se planteó al inicio de este trabajo, las variables respuesta de carácter reproductivo IE %, DUR h, se encuentran ligadas positivamente al rango social. En la jerarquía social del rebaño la posición social que ocupe un animal determinara su éxito reproductivo (Panebianco, 2019; Badii, Cerna y Landeros, 2010), este estatus le permite más tiempo con el macho, y por consiguiente las cabras de rango social alto poseen un intervalo de tiempo mayor para ser servidas por el macho. Álvarez et al. en el 2010 encontraron que los niveles de progesterona sérica difieren en cabras de diferente estatus social, donde los niveles de progesterona plasmática fueron más altos en los de rango social alto.

La actividad sexual de las cabras en anestro estacional es inducida con una dosis de 100 UI de eCG, en este tratamiento la actividad sexual de las cabras, inducida por la aplicación de eCG fue mayor en las hembras de alto rango social respecto a aquellas con rangos sociales inferiores. El éxito reproductivo mostrado por las hembras con mayor rango social está ligado positivamente con el estado metabólico, en diferentes especies de mamíferos el éxito reproductivo y el acceso a los alimentos no se comparte por igual entre los miembros de una manada (Heldstab, Schaik y Isler, 2017). Mientras que los animales con dominancia social aseguran el acceso a la mejor comida disponible con un efecto en el incremento del peso vivo, mejorando el estado metabólico. incluso cuando se dispone de acceso gratuito a los alimentos, las señales dominantes promoverían la selección de la ración más nutritiva debido a un acceso preferencial a los alimentos (Markham y Gesquiere, 2017).

Las cabras toman decisiones de comportamiento basadas en sus adaptaciones naturales y su experiencia para hacer frente a las duras condiciones ambientales y de alimentación (Badii, Cerna y Landeros, 2010), así como a entornos sociales

dinámicos (Villagrán, 2019). El clasificar las cabras por rangos sociales permite tomar mejores decisiones sobre cómo enriquecer estructural y cognitivamente los sistemas de producción caprina (Zobel y Nawroth, 2020).

El equilibrio energético es una señal interna clave que un animal debe utilizar para decidir si desencadena o no el inicio o reanudación de la función reproductiva en machos como en hembras, Otros estudios han encontrado que, además del peso vivo, la presencia de cuernos y la edad cronológica también influye el rango social (Neave, Weary y Von Keyserlingk, 2018), los aumentos tanto en el peso vivo como en la condición corporal son factores conocidos que inducen la función reproductiva de hembras en anestro, entonces, basado en la relación positiva entre el rango social alto, y el aumento del peso vivo y la condición corporal, estos tres componentes estarán estrechamente alineados con un patrón de frecuencia de pulso LH aumentado (Álvarez et al., 2010).

CONCLUSIÓN

La inducción de la actividad sexual en cabras multirraciales en estado anéstrico, se puede logra eficazmente utilizando 100 UI de eCG, reduciendo el uso de hormonas exógenas en los protocolos de sincronización del estro, en consecuencia, una disminución de los costos de estos protocolos.

En cabras multirraciales el rango social se encuentra ligado positivamente al estado metabólico (peso vivo, kg), sobre los resultados reproductivos en cabras sometidas a un protocolo de inducción al estro con progesterona y gonadotropina coriónica equina en dos dosis 100 y 350 UI.

LITERATURA CITADA

- Álvarez, L., Arvizu, R., Luna, J, y Zarco, L. (2010). Social ranking and plasma progesterone levels in goats. *Small Ruminant Research*, 90(1-3), 161-164.
- Álvarez, L., Martin, G., Galindo, F., y Zarco, L. (2003). Social dominance of female goats affects their response to the male effect. *Applied Animal Behaviour Science*, 84(2), 119-126.
- Ayeb, N., Majdoub, B., Dbara, M., Fguiri, I., Khorchani, S., Hammadi, M. y Khorchani, T. (2020). Calidad y perfil de ácidos grasos de la leche de cabras lecheras autóctonas alimentadas con recursos de oasis en las zonas áridas de Túnez. *Ciencias de la producción animal*, 60(17), 2044-2049.
- Badii, M., Cerna, E. y Landeros, J. (2010). Enemigos Naturales: Nociones Etológicas (Natural Enemies: Etological Notions). *Daena: International Journal of Good Conscience*, 5(1), 256-269.
- Barroso, F.G., Alados, C.L. y Boza, J. (2000). Social hierarchy in the domestic goat: effecton food habits and production. *Applied Animal Behaviour Science*, 69: 35–53.
- Bronson, F. (1985). Mammalian reproduction: An ecological perspective. *Biology of reproduction* 32: 1-26.
- Bronson, F. H., Heideman, P. D. (1994). Seasonal regulation of reproduction in mammals. *In The Physiology of Reproduction (E. Knobil, and J. D. Neill, Eds.)*, 541–583.
- Delgadillo, J.A., (2018). Reproductive and productive seasonality of goats is modified with use of photoperiod and socio-sexual interactions. *Spermova* 2018; 8(1): 25 -28.
- Duarte, G., Nava-Hernández, M.P., Malpaux, B., Delgadillo, J.A. (2010). Ovulatory activity of female goats adapted to the subtropics is responsive to photoperiod. *Animal Reproduction Science*, 120: 65-70.

- Escareño, L., Salinas-González, H., Wurzinger, M., Iñiguez, L., Sölkner, J., y Meza-Herrera, C. (2013). Dairy goat production systems: status quo, perspectives and challenges. *Tropical animal health and production*, 45(1), 17–34. <https://doi.org/10.1007/s11250-012-0246-6>
- Holtz, W. (2005). Recent developments in assisted reproduction in goats. *Small Ruminant Research*, 60: 95-110.
- INEGI (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Francisco I. Madero, Coahuila de Zaragoza.
- Luna-Orozco, J.R., Guillen-Muñoz J.M., De Santiago-Miramontes M., García, J.E., Rodríguez-Martínez, R., Meza-Herrera, C.A., Mellado, M., Véliz F.G. (2012). Influence of sexually inactive bucks subjected to long photoperiod or testosterone on the induction of estrus in anovulatory goats. *Tropical animal health and production*, 44: 71–75.
- Markham, A. y Gesquiere, L. (2017). Costs and benefits of group living in primates: an energetic perspective. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 372(1727), 20160239. doi:10.1098/rstb.2016.0239
- Neave, H., Weary, D., y Von Keyserlingk, M. (2018). Review: Individual variability in feeding behaviour of domesticated ruminants. *Animal*, 12(S2), S419-S430. doi:10.1017/S1751731118001325
- Panebianco, A. (2019). Aspectos comportamentales y fisiológicos involucrados en la sociabilidad de guanacos silvestres. [Tesis doctoral, Universidad de Buenos Aires].
- Souza, J.M.G., C.A.A., Torres, A.L.R.S., Maia, F.Z., Brandão, J.H., Bruschi, J.H.M., Viana, E., Oba, J.F., Fonseca. (2001). Autoclaved, previously used intravaginal progesterone devices induces estrus and ovulation in anestrous Toggenburg goats. *Animal Reproduction Science*, 129: 50–55.

Villagrán, M. (2019). Jerarquía social, comportamiento agresivo y características morfológicas y reproductivas en cérvidos. Tesis de doctorado. Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Veterinaria.

Walkden-Brown, S., Restall, B., Scaramuzzy, R., Martin, G. y Blackberry, M.A. (1997). Seasonality in male Australian cashmere goats: Long term effects of castration and testosterone or oestradiol treatment on changes in LH, FSH and prolactin concentrations, and body growth. *Small Ruminant Research*, 26:239-252.

Zobel, G., y Nawroth, C. (2020). Current state of knowledge on the cognitive capacities of goats and its potential to inform species-specific enrichment. *Small Ruminant Research*, 106-208.