

**Las cabras en contacto restringido con machos adelantan el inicio
de la pubertad**

SERGIO RAMÍREZ GÓMEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OPTAR AL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

Subdirección de Postgrado

Director de Tesis: Dra. Ilda Graciela Fernández García

Torreón, Coahuila, México

Julio 2014

Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"

Unidad Laguna

Subdirección de Postgrado

Las cabras en contacto restringido con machos adelantan el inicio de la pubertad

Tesis

Por:


Sergio Ramírez Gómez

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como requisito parcial para optar al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS

Comité particular

Asesora principal:


Dra. Ilda Graciela Fernández García

Asesor:


Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez


Asesor:



Dr. José Alfredo Flores Cabrera

Asesor:


Dr. Horacio Hernández Hernández

Asesor:


Dr. Jesús Vielma Sifuentes


Dr. Fernando Ruiz Zárate
Subdirector de Postgrado


Dr. Pedro Antonio Robles Trillo
Jefe del Departamento de Postgrado

Torreón, Coahuila., México, Julio 2014

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por brindarme todas las facilidades y recursos para realizar mis estudios de Maestría en Ciencias.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por el apoyo económico otorgado para mis estudios de Maestría.

A mi asesora principal, Dra. Ilda Graciela Fernández García, ya que gracias a su apoyo, comprensión y paciencia, se pudo realizar la tesis. Le agradezco de todo corazón por guiarme y por todo el aprendizaje que me brindó en esta nueva etapa de mi vida.

A mi comité de asesoría: Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez, Dr. José Alfredo Flores Cabrera, Dr. Horacio Hernández Hernández, Dr. Jesús Vielma Sifuentes, por el tiempo brindado en la realización de la tesis, además de sus consejos y ayuda que me brindaron en mi formación académica.

Al Dr. José Alfredo Flores Cabrera que además de ser parte de mi comité de asesoría, me apoyó con los ultrasonidos para la realización de este trabajo.

Al Dr. Horacio Hernández Hernández, por su ayuda brindada en el análisis estadístico de este trabajo.

Al Dr. Gerardo Duarte Moreno y Dr. Gonzalo Fitz Rodríguez, por su apoyo y consejo para poder realizar la tesis.

A Esther Peña y Dolores López, por su asistencia secretarial.

A todos mis compañeros y amigos de postgrado: M.C. José Luis Ponce Covarrubias, M.V.Z. Rodrigo Manuel Aroña Serrano, M.C. Jorge Arturo Bustamante Andrade, M.C. Santiago Zúñiga García, M.C. Alfonso Longinos Muñoz Benítez, M.V.Z. Edwin Stive Mendieta Miranda, M.C. Ethel Caterina García y González, M.V.Z. Laura Maribel Cedillo Ramírez y M.V.Z. Andrés Sánchez Hernández, por su apoyo, consejos, amistad y por los momentos importantes que compartimos en estos dos años, muchas gracias por todo.

A TODOS USTEDES MUCHISIMAS GRACIAS...

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, ya que ellos han sido mi gran fortaleza y mi inspiración para seguir adelante en la vida:

A ti Mamá, gracias por todo tu apoyo, por dejarme ir a pesar que era difícil para ti, ya que te resignaste porque sabías que así cumpliría mis metas y por todos tus rezos que imploraste para que siempre estuviera bien y, que siempre lo que emprendiera lo terminara. Gracias Mamá ¡Te Amo!

A ti Papá, que has sido mi apoyo y mi figura a seguir, tus consejos y tus regaños ahora los entiendo ya que todo fue para que yo siguiera adelante y tuviera un futuro, sé que por ti ahora soy lo que soy. ¡Te Amo Papá!

A ti Ricardo, que además de ser hermano eres mi gran amigo, por estar a mi lado y apoyarme en cumplir mis metas, por motivarme a seguir adelante y seguir cumpliendo más metas.

A ti Jessica Anabel Loya Carrera, que además de ser mi pareja también has sido la más grande amiga que he tenido, muchas gracias por brindarme tú apoyo incondicional y por estar siempre alegre de mis triunfos y por compartir mis derrotas, porque quién más que tú sabes, ya que caminamos juntos desde hace más de 8 años. Gracias por todo tú apoyo. ¡TE AMO!

COMPENDIO

**Las cabras en contacto restringido con machos adelantan el inicio
de la pubertad**

Por

SERGIO RAMÍREZ GÓMEZ

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS

Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”

Unidad Laguna

Director de Tesis: Dra. Ilda Graciela Fernández García

Torreón, Coahuila, Julio 2014

Palabras claves: Cabras, pubertad, ovulación

El objetivo del actual estudio fue determinar si la presencia restringida del macho cabrío adelanta el inicio de la pubertad de las hembras caprinas del subtrópico mexicano. Las hembras nacieron el 10 de enero \pm 2 días, a los 3 días de edad fueron separadas de sus madres. Posteriormente, fueron criadas artificialmente con leche de cabra hasta los 40 días de edad. A esta edad promedio fueron asignadas al azar a tres grupos. El primer grupo de hembras ($n = 9$) fue aislado de machos y de otras hembras de su misma especie. El segundo grupo ($n = 10$) tuvo contacto visual, auditivo, olfativo y táctil restringido permanente con 2 machos vasectomizados y la cópula no fue permitida mediante una malla ciclónica. El tercer grupo ($n = 10$) tuvo contacto visual, auditivo, olfativo y táctil total permanente con 2 machos vasectomizados. Los machos vasectomizados permanecieron en contacto restringido y total con las hembras a partir del destete. La primera ovulación se consideró como el inicio de la pubertad, la cual fue detectada mediante la concentración de progesterona plasmática (≥ 1 ng/ml), en al menos dos muestreos sanguíneos consecutivos. La proporción de hembras que iniciaron la pubertad se analizó con la prueba Chi-cuadrada. La primera ovulación no difirió significativamente entre las hembras en contacto restringido y total con machos (277 ± 5.0 días y 280 ± 8.0 días, respectivamente; $P = 0.9$). Mientras que las hembras aisladas de machos fue 23 días después ($P = 0.05$). La proporción de hembras que inició la pubertad de acuerdo a la edad en días no difirió entre los grupos de hembras en contacto restringido y total con machos o en aquellas aisladas de ellos (9/10 90%; 9/10 90%; 9/9 100%, respectivamente; $P = 0.6$). El peso y la condición corporal al inicio de la pubertad no difirió entre las hembras en contacto

restringido y total con machos (20.8 ± 0.7 kg y 2.5 ± 0.05 ; 18.7 ± 0.7 kg y 2.3 ± 0.1 ; $P = 0.3$ y $P = 0.09$, respectivamente). Mientras que en las hembras aisladas de machos registraron mayor peso en comparación a los otros 2 grupos de hembras (26.6 ± 1.3 kg y 2.8 ± 0.08 ; $P = 0.01$). Se concluye que las cabras pre-púberes en contacto restringido o total con machos adelantan el inicio de la pubertad.

ABSTRACT

Goats in restricted contact with bucks advanced the onset of puberty

By

SERGIO RAMÍREZ GÓMEZ

MASTER OF SCIENCE

Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”

Unidad Laguna

Torreón, Coahuila, July 2014

Dr. Ilda Graciela Fernández García-Adviser

Key words: Female goats, puberty, ovulation

The objective of this study was to determine whether pre-pubertal goats in restricted contact or total with males advance the onset of puberty, comparing with those remained isolated from males. Female kids were born in January 10th ± 2 days, and were separated from their mothers at 3 days of age. Subsequently, the females were artificially reared with goat milk until 40 days of age. At this average age were randomly assigned into three groups. The first group of females (n = 9) was isolated from males and other females of the same species. The second group (n = 10) had visual, auditory, olfactory and tactile contact with 2 vasectomized males, and intromission were not allowed throughout a fence. The third group (n = 10), had visual, auditory, olfactory and tactile total contact with 2 vasectomized males. The vasectomized males remained with females from May until December. The first ovulation was considered as the onset of puberty, which was detected by means of the plasma progesterone concentration (≥ 1 ng/ml) in at least two consecutive blood samples. The proportion of females to the onset of puberty was analyzed using a Chi-square test. The first ovulation detected did not differ significantly between females in restricted contact with males and those in full contact with them (277 ± 5.0 days and 280 ± 8.0 days, respectively; $P = 0.9$). While the first ovulation detected in females isolated from males was 23 days late. In this group the onset puberty was at 300 ± 5.0 days ($P = 0.05$), compared with other 2 female groups. The proportion of females to the onset of puberty by age in days did not differ between females in restricted contact, full contact permanent with males or those isolated from them (9/10 90%, 9/10 90%, 9/9 100%, respectively; $P = 0.6$). The body weight and body condition score to the onset of puberty did not differ

between females in restricted and full contact of them (20.8 ± 0.7 kg and 2.5 ± 0.05 ; 18.7 ± 0.7 kg and 2.3 ± 0.1 ; $P = 0.3$ and $P = 0.09$, respectively). While those isolated from males were significantly different from other 2 groups of females (26.6 ± 1.3 kg and 2.8 ± 0.08 ; $P = 0.01$). In conclusion, pre-pubertal goats in restricted contact or total with males advance the onset of puberty.

Índice de contenido

AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA	iv
COMPENDIO	v
ABSTRACT	viii
Índice de contenido	xi
Índice de figuras	xiii
Índice de tablas	xiv
I. Introducción	1
II. Revisión de literatura	3
2.1. Pubertad en cabras y ovejas	3
2.2. Bases neuroendocrinas y fisiológicas del inicio de la pubertad en hembras	3
2.3. Factores que influyen en el inicio de la pubertad	5
2.3.1. Razas	5
2.3.2. Época de nacimiento	6
2.3.3. Nutrición	8
2.3.4. Relaciones socio-sexuales	9
III. Objetivo	12
IV. Hipótesis	12
V. Materiales y métodos	13
5.1. Ubicación del experimento	13
5.2. Condiciones experimentales y manejo de las hembras caprinas	13
5.3. Determinación del inicio de la pubertad mediante los niveles de progesterona plasmáticos	14
5.4. Peso y condición corporal	16
5.5. Análisis estadísticos	16
VI. Resultados	17

6.1. Edad a la pubertad en cabras	17
6.2. Peso y condición corporal al inicio de la pubertad	17
6.3. Evolución del peso corporal de las hembras	18
VII. Discusión	21
VIII. Conclusión.....	25
IX. Literatura citada	26

Índice de figuras

- Figura 1.** Porcentaje acumulado de hembras que iniciaron la pubertad de acuerdo al peso corporal. El nacimiento de todas las hembras ocurrió en el mes de enero. Un grupo de hembras fue mantenido aisladas de machos (■); en el segundo grupo, las hembras se mantuvieron durante todo el estudio en contacto restringido con los machos (○); en el tercer grupo las hembras se mantuvieron en contacto total con machos (●)..... 19
- Figura 2.** Evolución del peso corporal promedio (\pm e.e.) de hembras nacidas en enero en las que se estudió el inicio de la pubertad. Un grupo de hembras fue mantenido aisladas de machos (■); en un segundo grupo, las hembras se mantuvieron durante todo el estudio en contacto restringido con los machos (○); en un tercer grupo, las hembras se mantuvieron en contacto total con machos (●).....20

Índice de tablas

Tabla 1. Edad, peso y condición corporal (media \pm e.e.) al inicio de la pubertad de las cabras mantenidas aisladas del macho, de las mantenidas en contacto restringido y de las que tuvieron contacto total con machos.	17
--	----

I. Introducción

La cabra (*Capra hircus*) fue domesticada alrededor del octavo milenio a.C. A nivel mundial hay aproximadamente 764 millones de cabras. Actualmente esta especie juega un importante papel principalmente en aquellos países que están en vías de desarrollo, como India, Brasil y México, entre otros. La cabra, por lo general, se desarrolla en un medio ambiente agreste, además, es una buena fuente de proteína (MacHugh y Bradley, 2001). Además, la cabra, posee la habilidad de producir un número considerable de crías (parto sencillo, doble o triple), en un intervalo corto de tiempo.

La pubertad inicia cuando las hembras caprinas y ovinas presentan su primera ovulación (Foster y Jackson, 2006). Sin embargo, el inicio de la pubertad también puede ser modificada por algunos factores como: la raza, la época de nacimiento, el peso corporal, la alimentación y las relaciones sociales (Bronson, 1985; Daramola *et al.*, 2006; Vandenberg, 2006; Delgadillo *et al.*, 2007; Chokoe y Siebrits, 2009).

En el norte de México, en particular en la Comarca Lagunera, la época de nacimiento influye en el inicio de la pubertad. Las hembras nacidas entre enero y mayo, inician la pubertad entre septiembre y diciembre (del mismo año), respectivamente. Ello sugiere que las hembras perciben durante su desarrollo suficientes días crecientes para iniciar la pubertad durante los días decrecientes del otoño del mismo año. Por el contrario, las hembras nacidas en octubre, el

inicio de la pubertad se presenta hasta el siguiente periodo de actividad sexual que empieza en otoño (Foster y Jackson, 2006; Delgadillo *et al.*, 2007).

También, se ha demostrado que las ovejas o las cabras expuestas al contacto total con machos adelantan el inicio de la pubertad en comparación con las hembras mantenidas en aislamiento social de machos (Shelton, 1960; Murray, 1972; Greyling y van Niekerk, 1990). En este contexto, en los caprinos no hay estudios que muestren que las cabras en contacto restringido con machos durante su etapa pre-púber adelantan el inicio de la pubertad. Por ello, el objetivo del presente estudio fue determinar si la presencia restringida del macho cabrío adelanta el inicio de la pubertad de las hembras caprinas del subtrópico mexicano.

II. Revisión de literatura

2.1. Pubertad en cabras y ovejas

La pubertad en las hembras es el momento en el cual ocurre la primera ovulación y/o estro (Foster y Jackson, 2006; Delgadillo *et al.*, 2007).

2.2. Bases neuroendocrinas y fisiológicas del inicio de la pubertad en hembras

En las hembras antes de la pubertad se registra una inhibición del eje hipotálamo-hipófisis-gónadas. En efecto, los pulsos de la GnRH y por consiguiente de la LH ocurren a intervalos de 2 a 3 h (Foster y Jackson, 2006). Como consecuencia en el ovario no se presenta un desarrollo y maduración de los folículos, los cuales a su vez producen bajas cantidades de estradiol. Estas bajas cantidades de estradiol son capaces de inhibir, a través del feedback negativo, al eje hipotálamo-hipófisis-gónadas (Valasi *et al.*, 2012). Conforme se acerca el inicio de la pubertad, el eje hipotálamo-hipófisis disminuye su sensibilidad a los efectos inhibitorios de los esteroides gonadales, lo cual permite un incremento en la frecuencia de pulsos de GnRH y LH (Foster, 1984; Olster y Foster, 1986). Por ejemplo, en corderas de una a tres semanas antes del inicio de la pubertad se registra una disminución progresiva en la sensibilidad al feedback negativo del estradiol, resultando un incremento en la secreción de la GnRH y gonadotropinas. Ese incremento en la secreción de la LH y FSH estimula el crecimiento y desarrollo de folículos ováricos. A medida que estos folículos crecen se vuelven cada vez más sensibles a la LH y a su

vez secretan más cantidades de estradiol que provocan un pico preovulatorio de LH y finalmente la ovulación (Foster y Ryan, 1981). En la primera ovulación de las corderas se han descrito tres patrones distintos en la manifestación de la actividad estral. i) La primera ovulación no se acompaña de estro y es seguida por la formación de un cuerpo lúteo de corta duración (5 a 6 días), después de la cual se produce una segunda ovulación también sin actividad estral. El ciclo que sigue a dicha ovulación es de duración normal (17 días) y es acompañada de estro. Por lo tanto, en este patrón, la actividad estral se registra hasta la tercera ovulación 23 a 25 días después de la primera. ii) La primera ovulación no acompañada de estro es seguida de una fase luteal corta y de una segunda ovulación acompañada de actividad estral. iii) La primera ovulación sin estro es seguida de una fase luteal de duración normal (12 días) y una segunda ovulación acompañada de estro (Foote *et al.*, 1970; Berardinelli *et al.*, 1980; Ryan *et al.*, 1991). Los patrones descritos demuestran que es necesaria la acción previa de la progesterona para la manifestación de la conducta estral en el inicio de la pubertad en las corderas.

Al contrario de las corderas, en las cabras es frecuente la manifestación de actividad estral asociada a la primera ovulación. Por ejemplo, en el 60% de las hembras caprinas de Marruecos, el primer estro fue acompañado de actividad ovulatoria (Chentouf *et al.*, 2011). De igual manera, Chemineau (1986) reportó que el 50% de las cabras de la isla Guadalupe ovularon manifestando actividad estral, mientras que el 36% presentaron estro sin ovulación. Otra

característica del inicio de la pubertad de las cabras es la manifestación de ciclos estrales irregulares (ciclos cortos; Chemineau *et al.*, 2006).

2.3. Factores que influyen en el inicio de la pubertad

El inicio de la pubertad en las hembras caprinas y ovinas está influenciado por diversos factores como: la raza, la época de nacimiento la cual está relacionada estrechamente con los cambios en el fotoperiodo y/o la estacionalidad reproductiva, con la nutrición y con las señales socio-sexuales (Foster *et al.*, 1985; Foster *et al.*, 1986, Delgadillo *et al.*, 2007).

2.3.1. Razas

En las diferentes regiones geográficas existen diferentes grupos raciales de ovinos y caprinos. En cada región se manifiestan diferencias entre razas en el inicio de la pubertad en las hembras. Por ejemplo, en zonas templadas la pubertad de las hembras caprinas de las razas Alpina y Saanen se presenta alrededor de los 12 y 14 meses de edad (Ricordeau *et al.*, 1984). De igual manera existen reportes que en la cabra criolla de Portugal se presenta a los 13 meses de edad (Vitali *et al.*, 2005). En Norteamérica las corderas de la raza Suffolk inician su pubertad a los 9 meses de edad (Foster y Olster, 1985).

En regiones subtropicales se han reportado diferencias raciales en el inicio de la pubertad. Por ejemplo, la cabra Boer explotada en Sudáfrica presenta su pubertad a una edad promedio de entre 5 y 6 meses de edad (Greyling y van Niekerk, 1990). Por otro lado existen razas muy precoces como la cabra de la raza enana de Pakistán, en la cual el inicio de la pubertad se

manifiesta a los 4.5 meses de edad en promedio (Khanum *et al.*, 2000). El mismo caso ocurre con la cabra de la raza Matou de la región subtropical China, en la cual la pubertad se presenta a los 3.5 meses de edad (Moaeen-ud-Din *et al.*, 2008). En el caso de las hembras ovinas también existen variaciones raciales en el inicio de la pubertad, se reportan desde 6.8 (corderas Blackface; Huffman *et al.*, 1987) hasta los 11.5 meses de edad (corderas Ramboulliet; Wiggins *et al.*, 1970).

En las razas de hembras ovinas locales de las zonas tropicales también se encuentran variaciones importantes en el inicio de la pubertad. Por ejemplo, en las hembras ovinas del norte de Brasil, la edad promedio en que se alcanza la pubertad es a los 12 meses de edad (Silva *et al.*, 1988). Algo similar se registra en la raza Pelibuey explotada en México donde esta condición reproductiva inicia a los 10.6 meses de edad en promedio (Ponce de León *et al.*, 1981). En el otro extremo se encuentra la cabra de la raza Thai (Pralomkam *et al.*, 1996) y la cabra local de la isla de Guadalupe en el Caribe (Chemineau, 1993) donde la pubertad se observa entre los 5 y 6 meses de edad en ambas razas.

2.3.2. Época de nacimiento

La época de nacimiento es otro factor importante que influye en el inicio de la pubertad de las hembras tanto ovinas como caprinas. Esta influencia está muy relacionada con la estacionalidad reproductiva que manifiestan las dos especies anteriormente mencionadas. En estas especies estacionales la pubertad de las hembras inicia solamente durante la época natural de

reproducción, independientemente de la época de nacimiento. Por ejemplo, en las corderas de la raza Suffolk que nacen en el mes de marzo (primavera) el inicio de la pubertad se presenta a los 7 meses de edad. Por el contrario, cuando las corderas de esta raza nacen en el mes de octubre (otoño) el inicio de la pubertad se registra hasta los 11.4 meses de edad (Foster, 1981). El mismo comportamiento reproductivo fue reportado en las hembras de la raza Merino donde el inicio de la pubertad es a los 6 meses de edad cuando nacen en septiembre-octubre comparado con 12 meses cuando nacen en enero-febrero o 9 meses cuando nacen en mayo-junio (Watson y Gamble, 1960).

En el caso de las cabras sucede un fenómeno similar. Por ejemplo, en las cabras de la raza española Payoya que nacen en invierno la pubertad se presenta a los 8 meses de edad, mientras que en las hembras que nacen en otoño la pubertad se registra a los 12 meses de edad (Zarazaga *et al.*, 2009). Un evento similar se registra en la cabra de la raza Damasco en Chipre donde la pubertad se observa a los 9 meses de edad en las hembras que nacen en febrero, mientras que en aquellas que nacen en octubre-noviembre la pubertad se presenta hasta los 11 meses de edad (Papachristoforou *et al.*, 2000a).

En las cabras criollas locales de la Comarca Lagunera, las cuales presentan una marcada estacionalidad reproductiva está demostrado claramente el efecto de la época de nacimiento sobre el inicio de la pubertad de estas hembras. Por ejemplo, cuando las hembras nacen en enero la pubertad inicia a los 9 meses de edad, mientras que en aquellas que nacen en mayo, la pubertad se registra a los 7 meses de edad. Finalmente cuando las hembras

nacen en octubre la pubertad se registra hasta los 11 meses de edad (Delgadillo *et al.*, 2007). En los tres casos anteriores el inicio de la pubertad ocurrió siempre durante la época natural de reproducción de estas hembras (agosto-marzo; Duarte *et al.*, 2008).

2.3.3. Nutrición

Existen estudios que demuestran que la alimentación proporcionada a los animales durante su desarrollo pre-púber es un factor importante en el inicio de la pubertad (Foster y Olster, 1985; Forcada *et al.*, 1991). Por ejemplo, las corderas Suffolk subalimentadas del destete (2.5 meses) hasta los 8.7 meses de edad, alcanzan la pubertad a los 11 meses de edad, mientras que las corderas bien alimentadas durante todo el estudio presentan la pubertad a los 7.5 meses de edad. En este mismo estudio, cuando la subalimentación se prolongó en otro grupo hasta los 12.5 meses de edad, la pubertad tuvo lugar a los 17.5 meses de edad (Foster y Jackson, 2006).

Por el contrario, en las cabras son escasos los reportes que demuestran con claridad un efecto en la nutrición sobre el inicio de la pubertad. En las cabras Boer en Sudáfrica alimentadas con una dieta baja en energía la primera ovulación se registró a los 12.6 y 15.5 meses de edad para las hembras nacidas en diciembre y abril, respectivamente. Al contrario, en los animales alimentados con una dieta alta de energía esta condición reproductiva se registró a los 10.6 meses de edad en ambas épocas de nacimiento (Greyling y van Niekerk, 1990). En otros estudios se ha encontrado que el nivel nutricional no modifica el inicio de la pubertad. En efecto, Zarazaga *et al.* (2009) demostraron que en las cabras

de la raza Payoya, grupos alimentados con un régimen energético alto o bajo, el inicio de la pubertad ocurrió en un tiempo similar (11.3 y 11.6 meses de edad). Esto mismo sucedió en las cabras de la raza Damasco de Chipre (Papachristoforou *et al.*, 2000b).

2.3.4. Relaciones socio-sexuales

Los mamíferos particularmente los que viven en grandes grupos están inmersos en un rico y complejo medio ambiente social que está cargado de señales tales como, sonidos, olores, visuales provenientes de sus congéneres. En este contexto, se incluyen las relaciones socio-sexuales, es decir, las interacciones entre individuos del grupo tales como: macho-hembra, macho-macho, hembra-hembra, madre-cría, etc. Algunas de estas relaciones influyen en el inicio de la pubertad en las hembras. En cerdas pre-púberes se ha observado que aquellas criadas en aislamiento social, y posteriormente al ser expuestas al verraco adelantan 30 días el inicio de la pubertad, en comparación con las cerdas que no fueron expuestas al macho (Brooks y Cole, 1970). De manera similar, Mavrogenis y Robison (1976) reportaron que en las cerdas que percibieron a un macho maduro alojado en un corral adyacente, la edad a la pubertad inició antes (6.3 meses de edad) en comparación con las cerdas que no percibieron al macho (7.7 meses).

Por otra parte, en ganado bovino también se ha reportado un efecto de la presencia del macho en el inicio de la pubertad de las hembras. Por ejemplo, en las becerras de cruza Bunaji x Holstein expuestas a toros vasectomizados a partir de los 15 meses de edad iniciaron la pubertad a los 23 meses de edad,

mientras que las becerras no expuestas a machos, iniciaron la pubertad a los 26 meses de edad (Rekwot *et al.*, 2000).

En terneras Orix (*Orix leucoryx*) que percibieron al macho maduro en un corral adyacente al de las hembras, inician la pubertad a los 13 meses de edad, mientras que aquellas aisladas de machos, el inicio de la pubertad ocurrió a los 18 meses de edad (Blanvillain *et al.*, 1997).

En ovinos y caprinos, se ha demostrado que la presencia o introducción repentina de un macho en un grupo de hembras modifica su actividad reproductiva (Shelton, 1960; Pearce y Oldham, 1984). Así, en las hembras caprinas en contacto continuo o expuestas intermitentemente a los machos, la estación reproductiva inició antes y terminó después que en aquellas que se mantuvieron aisladas de machos (Shelton, 1960; Cameron y Batt, 1989). La presencia del macho también interviene en el reinicio de la actividad reproductiva postparto. Se ha demostrado que en las hembras ovinas durante el periodo postparto, el 100% de ellas ovularon antes de los 100 días cuando estuvieron en contacto con el carnero, mientras que en el mismo periodo las ovejas que no estuvieron en contacto con el carnero, solamente ovularon el 50% (Lassoued *et al.*, 2004).

En el caso del inicio de la pubertad en ovejas, existen estudios que han demostrado en corderas pre-púberes que la presencia continua de un macho afecta el inicio de la pubertad. En efecto, las corderas pre-púberes iniciaron su pubertad a una edad menor (9.6 meses de edad) cuando estuvieron en

presencia continua de machos a partir de los 3 meses de edad, comparado con las corderas que no estuvieron en presencia de machos (19 meses de edad; Murray, 1972).

En cabras los estudios con relación a la influencia del macho sobre el inicio de la pubertad en las hembras son escasos. Amoah y Bryant (1984) demostraron que las cabras pre-púberes iniciaron la pubertad a los 7 meses de edad cuando estuvieron en contacto con machos y las hembras aisladas de machos iniciaron la pubertad hasta los 8 meses de edad. En el mismo sentido, Greyling y van Niekerk (1990), reportaron que las hembras pre-púberes en contacto permanente con machos, una mayor proporción de ellas presentaron su primer estro comparadas con las hembras en aquellas donde el contacto fue de 30 minutos por día (93.3 vs 48.3%, respectivamente).

En los estudios conocidos hasta la actualidad, no existen los elementos que permitan determinar si el inicio de la pubertad es afectada por el tipo o intensidad del contacto de las hembras pre-púberes con el macho. Por lo tanto, el presente trabajo se realizó para determinar si la presencia restringida del macho es suficiente para adelantar el inicio de la pubertad de las hembras caprinas.

III. Objetivo

Determinar si la presencia restringida del macho cabrío adelanta el inicio de la pubertad de las hembras caprinas del subtrópico mexicano.

IV. Hipótesis

En las hembras caprinas del subtrópico mexicano el inicio de la pubertad se adelanta con la exposición restringida de machos.

V. Materiales y métodos

5.1. Ubicación del experimento

El estudio se llevó a cabo en las instalaciones del Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, localizada en el municipio de Torreón, Coahuila. Este municipio forma parte de la Comarca Lagunera, misma que se ubica a una latitud de 26° 37'N y a una altitud de 1100 msnm. En esta Comarca, el clima es semi-desértico con temperaturas promedio máximas y mínimas de 36.6 °C que se registran en el mes de mayo y agosto y 5.7 °C entre los meses de diciembre y enero (Duarte *et al.*, 2008). El fotoperiodo natural en esta región varía de 13:41 h de luz en el solsticio de verano a 10:19 h de luz en el solsticio de invierno (Delgadillo *et al.*, 1999).

5.2. Condiciones experimentales y manejo de las hembras caprinas

Se utilizaron 29 cabritas locales de la Comarca Lagunera, cuya fecha promedio (\pm SEM) de nacimiento fue el 10 de enero (\pm 2.0 días). Las cabritas fueron separadas definitivamente de sus madres a los 3 días de edad y fueron criadas artificialmente con leche de cabra hasta los 40 días de edad. Posteriormente, y hasta el final del estudio, se les proporcionó alfalfa henificada (que contenía 18% de PC y 1.95 Mcal/kg de energía) y concentrado comercial (18% de PC y 2.05 Mcal/kg de energía) de acuerdo a sus requisitos nutricionales. El agua y los minerales se les proporcionó *ad libitum*. A los 41 días de edad, las hembras fueron asignadas al azar a tres grupos. Un grupo de

hembras (n = 9) se mantuvo aislado de cualquier señal visual, auditiva, olfativa y táctil de machos cabríos y de otras hembras de su misma especie. En el segundo grupo (n = 10) las hembras tuvieron contacto restringido con 2 machos adultos vasectomizados. Así, mediante la separación de las hembras de los machos a través de una malla ciclónica, fue posible que las hembras percibieran las señales auditivas, visuales y olfativas del macho, pero la cópula no fue posible. En el tercer grupo (n = 10) las hembras tuvieron contacto total (percibiendo las señales visuales, auditivas, olfativas y táctiles) con 2 machos adultos vasectomizados. Las hembras de los 3 grupos fueron mantenidas desde mayo hasta diciembre en las condiciones antes mencionadas.

5.3. Determinación del inicio de la pubertad mediante los niveles de progesterona plasmáticos

La concentración plasmática de progesterona (indicadora de ovulación), fue determinada en las hembras de los tres grupos. Para ello, cada semana se tomaron muestras sanguíneas de la vena yugular desde el mes de mayo hasta diciembre. En cada ocasión, la sangre fue obtenida mediante venopunción y una vez colectada se depositó en tubos de ensayo conteniendo heparina sódica como anticoagulante. Las muestras fueron centrifugadas a 3500 rpm durante 30 min y el plasma recuperado fue almacenado a -20 °C hasta que se determinó la concentración de la progesterona plasmática mediante un radioinmunoensayo (RIA). La concentración de progesterona en el plasma se determinó utilizando la técnica descrita por Grajales *et al.* (2010). El coeficiente de variación intra e

inter-ensayo fue de 4.7% y 1.6%, respectivamente. La sensibilidad del ensayo fue de 0.02 ng/ml.

El criterio utilizado para indicar que una hembra inició su pubertad fue el momento en que se determinó la primera ovulación (Delgadillo *et al.*, 2007). Se consideró que en las hembras la primera ovulación ocurrió cuando la concentración plasmática de progesterona fue ≥ 1 ng/ml, en al menos dos muestreos sanguíneos consecutivos. Una hembra del grupo en contacto restringido con machos y otra del grupo en contacto total con machos no incrementaron los niveles plasmáticos de progesterona, por lo cual, los valores de esas hembras fueron excluidas para análisis posteriores.

Con el conocimiento previo de que el inicio de la pubertad de cabras locales nacidas en enero ocurre en septiembre del mismo año (Delgadillo *et al.*, 2007), en el presente trabajo a partir del mes de agosto, simultáneamente a los muestreos, se realizaron exámenes de ultrasonido transrectal (Aloka SSD-500 conectado a una sonda lineal transrectal de 7.5 MHz) para observar la presencia o ausencia de cuerpos lúteos. La presencia del primer cuerpo lúteo detectado por ultrasonografía sirvió como base para decidir que fechas de muestreo sanguíneo deberían ser incluidas en el RIA. Por ello, los muestreos utilizados para ensayar la progesterona fueron los tomados a partir del mes de septiembre hasta el final del estudio (diciembre).

5.4. Peso y condición corporal

En todas las hembras el peso y la condición corporal fueron determinados cada dos semanas, durante los meses de septiembre a diciembre. Para lo anterior, las hembras fueron pesadas en una báscula portátil, de plataforma con una capacidad de 0.1 a 400 kg (precisión ± 0.05 kg). La condición corporal se evaluó mediante la palpación de las apófisis espinosas y transversas, así como de la musculatura de la región lumbar de la columna vertebral. La asignación en puntos de la condición corporal fue de la siguiente manera: 1 (muy delgada) a 4 (muy gorda) en incrementos de 0.5 (Walkden-Brown *et al.*, 1997).

5.5. Análisis estadísticos

La edad y el peso corporal a la pubertad fueron analizados con un ANOVA a un factor (tratamiento). La proporción de hembras que iniciaron la pubertad respecto al peso corporal se compararon entre los 3 grupos con una prueba de Chi-cuadrada. Cuando se detectaron diferencias entre los grupos, estas variables se compararon mediante la prueba de Fisher. La condición corporal al inicio de la pubertad se analizó con una prueba de Kruskal-Wallis. Cuando se encontraron diferencias entre los grupos en esta variable, se compararon con la prueba U de Mann-Whitney. Los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando el paquete estadístico SYSTAT 13 (2009).

VI. Resultados

6.1. Edad a la pubertad en cabras

La edad a la que ocurrió la primera ovulación de las hembras y por ello, a la cual iniciaron su pubertad no difirió significativamente entre las hembras en contacto restringido y aquellas en contacto total con machos ($P = 0.9$, Tabla 1). En cambio, en las hembras del grupo aislado la pubertad inició hasta 23 días después en comparación a las hembras de los otros dos anteriores grupos ($P \leq 0.05$, Tabla 1).

Tabla 1. Edad, peso y condición corporal (media \pm e.e.) al inicio de la pubertad de las cabras mantenidas aisladas del macho, de las mantenidas en contacto restringido y de las que tuvieron contacto total con machos.

Grupo	n	Edad a la pubertad (días)	Rango (días)	Peso corporal (kg)	Condición corporal
Aislado	9	300 \pm 5 ^a	276 - 325	26.6 \pm 1.3 ^a	2.8 \pm 0.08 ^a
Restringido	10	277 \pm 5 ^b	255 - 297	20.8 \pm 0.7 ^b	2.5 \pm 0.05 ^b
Contacto total	10	280 \pm 8 ^b	248 - 318	18.7 \pm 0.8 ^b	2.3 \pm 0.1 ^b

^{a, b} Literales diferentes en la misma columna indican diferencia significativa entre grupos ($P < 0.05$).

6.2. Peso y condición corporal al inicio de la pubertad

El peso y la condición corporal al inicio de la pubertad no fue diferente entre las hembras de los grupos en contacto restringido y total con machos ($P > 0.3$ y $P > 0.4$, respectivamente; Tabla 1). En cambio, en las hembras del grupo

aislado estas variables fueron mayores que en las hembras de los grupos anteriores ($P \leq 0.01$ y $P \leq 0.01$, Tabla 1).

En la Figura 1 se muestra el porcentaje de hembras que iniciaron la pubertad de acuerdo al peso corporal promedio.

La proporción de hembras que inició la pubertad de acuerdo a la edad en días no difirió entre los grupos de hembras en contacto restringido y total con machos o en aquellas aisladas de ellos (9/10 90%; 9/10 90%; 9/9 100%, respectivamente; $P = 0.6$).

6.3. Evolución del peso corporal de las hembras

El peso corporal registrado cada 2 semanas de septiembre a diciembre (234-346 días de edad) no fue diferente entre los grupos de hembras en contacto restringido y aquellas mantenidas en contacto total con machos ($P > 0.05$; Figura 2). En contraste, el peso corporal registrado en las hembras del grupo aislado fue mayor en todas las mediciones que el registrado en las hembras mantenidas en contacto total con machos ($P < 0.05$). De igual manera, los pesos registrados en las hembras aisladas de los machos fueron mayores al de las hembras mantenidas en contacto restringido con los machos partir del día 303 y hasta el final del estudio ($P < 0.05$; Figura 2).

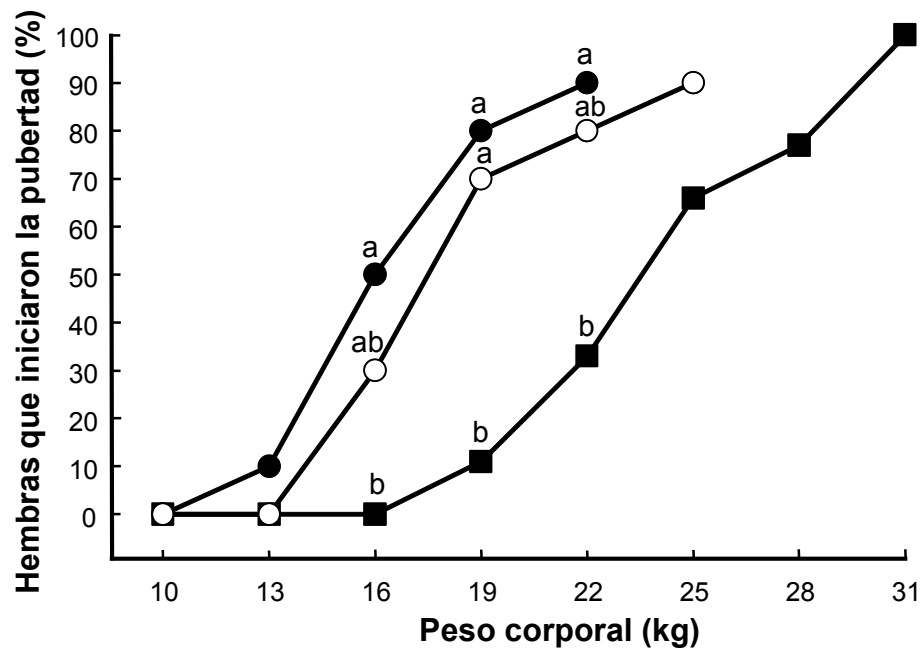


Figura 1. Porcentaje acumulado de hembras que iniciaron la pubertad de acuerdo al peso corporal. El nacimiento de todas las hembras ocurrió en el mes de enero. Un grupo de hembras fue mantenido aisladas de machos (■); en el segundo grupo, las hembras se mantuvieron durante todo el estudio en contacto restringido con los machos (○); en el tercer grupo las hembras se mantuvieron en contacto total con machos (●). ^{a, b} Literales diferentes entre grupos difieren significativamente ($P < 0.05$).

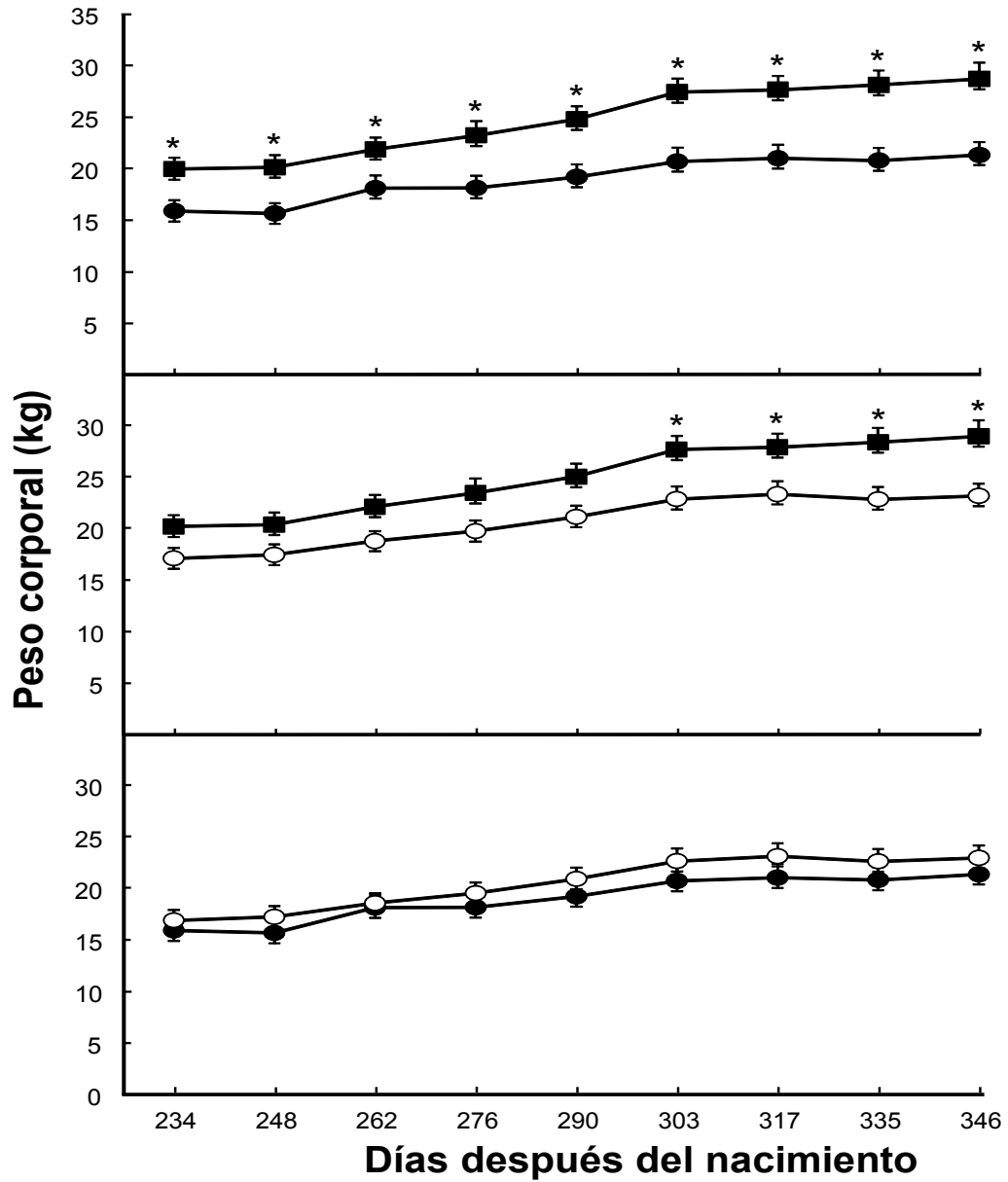


Figura 2. Evolución del peso corporal promedio (\pm e.e.) de hembras nacidas en enero en las que se estudió el inicio de la pubertad. Un grupo de hembras fue mantenido aisladas de machos (■); en un segundo grupo, las hembras se mantuvieron durante todo el estudio en contacto restringido con los machos (○); en un tercer grupo, las hembras se mantuvieron en contacto total con machos (●). Los asteriscos indican diferencias entre grupos ($P < 0.05$).

VII. Discusión

Los resultados del actual estudio muestran que en las cabras de la Comarca Lagunera que nacen en enero es posible adelantar el inicio de su pubertad cuando son mantenidas en contacto restringido con machos de manera similar a como ocurre cuando fueron mantenidas en contacto total. Efectivamente, no se detectó diferencia significativa en el número de los días a los cuales ocurrió la primera ovulación (indicativo del inicio de la pubertad), entre las hembras de los grupos en contacto restringido y total con machos. Al contrario, de estos dos grupos, la edad a la pubertad en las cabras aislado de machos se presentó 20 días después comparado con las hembras de los otros 2 grupos.

En el presente trabajo, se encontró que el tiempo (300 días) al cual las cabras pre-púberes nacidas en enero y mantenidas aisladas del macho iniciaron su pubertad es similar a lo reportado previamente en estas mismas hembras por Delgadillo *et al.* (2007), quienes reportaron que las cabritas de la Comarca Lagunera nacidas en enero iniciaron su pubertad a los 264 días. Sin embargo, se han detectado diferencias entre y dentro de algunas razas de cabras para el inicio de la pubertad. Por ejemplo, en la presente investigación, la pubertad inició a los 286 días en cambio, en las razas como la Nubia, la Damasco, la Zomri y la Hebsi, el inicio de la pubertad ocurrió a los 275, 339, 366 y 374 días, respectivamente (El-Hassan El-Abid y Nikhaila, 2009; Papachristoforou *et al.*, 2000a; Al-Hozab y Basiouni, 1999).

En el presente estudio, el contacto total o restringido del macho con las hembras redujo la edad a la cual las hembras iniciaron su pubertad, comparado con las cabras aisladas del macho. Estos resultados muestran concordancia con estudios previos que indican que cuando las hembras mamíferos pre-púberes son expuestas al contacto total con machos adelantan el inicio de la pubertad, en comparación con las mantenidas aisladas (Brooks y Cole, 1970; Murray *et al.*, 1972; Hemswoth *et al.*, 1982; Greyling y van Niekerk, 1990). Por ejemplo, los resultados del presente estudio confirman lo reportado anteriormente en cabras por Amoah y Bryant (1984) quienes demostraron que las cabras pre-púberes iniciaron la pubertad a los 7 meses de edad cuando estuvieron en contacto con machos y las hembras aisladas de machos iniciaron la pubertad hasta los 8 meses de edad. Asimismo, los presentes resultados se encontraron en el mismo sentido que los que reportan Greyling y van Niekerk (1990). Estos últimos autores encontraron que las cabras pre-púberes en contacto permanente con machos, una mayor proporción de ellas iniciaron la pubertad (203 días), comparado con las hembras donde el contacto fue de solamente 30 minutos por día (93 vs 48 %, respectivamente). Asimismo, los hallazgos en la presente tesis concuerdan con los reportes en las hembras bovinas y ovinas sobre el acortamiento del anestro postparto por la exposición al toro y al carnero durante el período postparto (Zalesky *et al.*, 1984; Lassoued *et al.*, 2004).

Los resultados del presente estudio sugieren que las hembras caprinas pre-púberes son sensibles a los estímulos socio-sexuales emitidos por los

machos y percibidos por ellas de manera restringida o total. De estudios sobre la respuesta endocrina por exposición repentina al macho en las cabras maduras estacionalmente anovulatorias, se sabe que dicha exposición induce un incremento abrupto en la frecuencia de pulsos de la LH que culmina con la ovulación (Delgadillo *et al.*, 2009, 2012). Sin embargo, en las hembras del presente estudio, esta exposición al macho no fue repentina sino más bien, la presencia permanente del macho (a partir del destete) ya sea restringida (separación mediante una malla de acero) o de manera directa fue lo que posiblemente incrementó las concentraciones de la LH y provocó la primera ovulación de esas hembras. Todavía más interesante, es que no fue necesaria la interacción completa con el macho en el grupo restringido (ausencia de la conducta de monta o cópula) para que las hembras iniciaran su pubertad. Este último efecto se explica posiblemente por el hecho de que en esta especie y en la ovina se ha demostrado que la exposición de las hembras maduras a las señales olfativas (Vielma *et al.*, 2009) y auditivas (Delgadillo *et al.*, 2012) por separado o bien la sola percepción de la conducta de cortejo del macho pueden incrementar la frecuencia de pulsos de la LH (Martínez-Alfaro *et al.*, 2014) y ello provocar la primera ovulación.

En el presente estudio no se detectó diferencia en el peso y condición corporal al iniciar la pubertad, entre las hembras mantenidas en contacto restringido y total con machos, a diferencia de las hembras aisladas que fueron significativamente más pesadas y con mayor puntaje en la condición corporal.

En relación al peso corporal, estudios previos indican que las hembras en contacto total y permanente con machos registran menor peso corporal al inicio de la pubertad (Greyling y van Niekerk, 1990). También, se ha sugerido que el inicio de la pubertad en las hembras se lleva a cabo cuando registran de un 60-65% de su peso corporal como adultas (Smith, 1980; Shelton, 1978). En el presente estudio, los grupos de hembras en contacto total y restringido con machos adelantaron el inicio de la pubertad con el peso corporal más bajo del requerido como adultas (47% y 52%, respectivamente). A diferencia del grupo aislado, donde la pubertad se presentó días después. En este grupo, la pubertad inició con el peso corporal adecuado (66%; Smith, 1980; Shelton, 1978). Respecto al bajo peso corporal observado en el grupo en contacto total con machos, podría deberse al hecho de que los machos fueran dominantes o bien, fue demasiado estrés para ellas, de manera que alteró la ingesta alimenticia de las hembras (Tarazona *et al.*, 2012). Los resultados reportados en la presente investigación difieren de aquellos estudios que indican que el peso corporal es el factor principal que detona el inicio de la pubertad (Shelton, 1978; Sakurai *et al.*, 2004). Finalmente, estos resultados muestran que las hembras que percibieron a los machos a través de la malla ciclónica, así como, las hembras mantenidas en contacto total con machos adelantaron el inicio de la pubertad. Además, éste último grupo registró el peso corporal más bajo. Los resultados del presente estudio sugieren que las señales sensoriales emitidas por los machos son los factores principales que afectan el inicio de la pubertad.

VIII. Conclusión

Los resultados del presente estudio demuestran que las hembras caprinas que nacen en enero y que son mantenidas en contacto restringido con machos adelantan el inicio de su pubertad en comparación con las hembras mantenidas aisladas del macho. Además, estos resultados sugieren que las señales sensoriales emitidas por los machos, son un factor importante para anticipar el inicio de la pubertad en las hembras caprinas.

IX. Literatura citada

- Al-hozab, A., Basiouni, G., 1999. Onset of puberty in Hebsi and Zomri goats as monitored by plasma progesterone concentrations. *J. Appl. Anim. Res.* 15: 69-74.
- Amoah, E.A., Bryant, J., 1984. A note on the effect of contact with male goats on occurrence of puberty in female goat kids. *Anim. Prod.* 38: 141-144.
- Berardinelli, J. G., Dailey, R. A., Butcher, R. L., Inskoop, E. K., 1980. Source of circulating progesterone in prepubertal ewes. *Biol. Reprod.* 22: 233–236.
- Blanvillain, C., Ancrenaz, M., Delhomme, A., Greth, A., Sempéré, A., 1997. The presence of the male stimulates puberty in captive female Arabian Orix (*Orix leucorix* Pallas, 1777). *J. Arid Environm.* 36: 359-366.
- Brooks, P.H., Cole, D.J., 1970. The effect of the presence of a boar on the attainment of puberty in gilts. *J. Reprod. Fertil.* 23: 435-440.
- Bronson, F.H., 1985. Mammalian reproduction: An ecological perspective. *Biol. Reprod.* 32:1-26.
- Cameron, A.W.N., Batt, P.A., 1989. The effect continuous or sudden introduction of bucks on the onset of the breeding season in female goats. *Proc. Aust. Soc. Reprod. Biol.* 21: 109
- Chemineau, P., 1986. Influence de la saison sur l' activite sexuelle du cabrit creole male et female. These. Academie de Montpellier. Universite des Sciences e Techniques du Languedoc. 105 pp.

- Chemineau, P., 1993. Reproducción de las cabras originarias de las zonas tropicales. *Rev. Latamer.Peq. Rumiantes.* 1: 2-14.
- Chemineau, P., Pellicer-Rubio, M.T., Lassoued, N., Khaldi, G., Monniaux, D., 2006. Male-induced short estrous and ovarian cycles in sheep and goats: a working hypothesis. *Reprod. Nutr. Dev.* 46: 417-429.
- Chentouf, M., Bister, J.L., Boulanouar, B., 2011. Reproduction characteristics of North Moroccan indigenous goats. *Small Rumin. Res.* 98: 185-188.
- Chokoe, T.C., Siebrits, F.K., 2009. Effects of season and regulated photoperiod on the reproductive performance of sows. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 39:45-54.
- Daramola, J.O., Adeloye, A.A., Fayeye, T.R., Fatoba, T.A., Soladoye, A.O., 2006. Influence of photoperiods with or without melatonin on spermograms in west African Dwarf bucks. *World J. Zool.* 1:86-90.
- Delgadillo, J.A., De Santiago-Miramontes, M.A., Carillo, E., 2007. Season of birth modifies puberty in female and male goats raised under subtropical conditions. *Animal* 6: 858-864.
- Delgadillo, J.A., Canedo, G.A., Chemineau, P., Guillaume, D., Malpoux, B., 1999. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male creole goats in subtropical northern Mexico. *Theriogenology* 52: 727-737.

- Delgadillo, J.A., Gelez, H., Ungerfeld, R., Hawken, P.A.R., Martin, G.B., 2009. The “male effect” in sheep and goats-Revisiting the dogmas. *Behav. Brain Res.* 200: 304-314.
- Delgadillo, J.A., Vielma, J., Hernández, H., Flores, J.A., Duarte, G., Fernández, I.G., Keller, M., Gelez, H., 2012. Male goat vocalizations stimulate the estrous behavior and LH secretion in anestrus goats that have been previously exposed to bucks. *Horm. Behav.* 6: 40-46.
- Duarte, G., Flores, J.A., Malpoux, B., Delgadillo, J.A., 2008. Reproductive seasonality in female goats adapted to a subtropical environment persists independently of food availability. *Dom. Anim. Endocrinol.* 35: 262- 370.
- El-Hassan El-Abid, K., Nikhaila, A.M.A., 2009. Effect of grazing supplementation on some reproductive traits of sudanese nubian goat. *Aust. J. Basic Appl. Sci.* 3: 3053-3057.
- Foote, W. C., Sefidbakht, N., Madsen, M. A., 1970. Pubertal estrus and ovulation and subsequent estrous cycle patterns in the ewe. *J. Anim. Sci.* 30: 86–90.
- Forcada, F., Abecia, J.A., Zarazaga, J., 1991. A note on attainment of puberty of September-born early-maturing ewe lambs in relation to level of nutrition. *Anim. Prod.* 53: 407-409.
- Foster, D.L., 1981. Mechanism for delay of first ovulation in lambs born in the wrong season (fall). *Biol. Reprod.* 25: 85-92.

- Foster, D. L., Ryan, K. D., 1981. Premature seasonal inhibition of tonic LH secretion by oestradiol in the female lamb and its consequences. *J. Reprod. Fertil.* 63: 289–294.
- Foster, D. L., 1984. Preovulatory gonadotropin surge system of prepubertal female sheep is exquisitely sensitive to the stimulatory feedback action of estradiol. *Endocrinology* 115: 1186–1189.
- Foster, D.L., Olster, D.H., 1985. Effect of restricted nutrition on puberty in lamb: patterns of tonic luteinizing hormone (LH) secretion and competency of the LH surge system. *Endocrinology* 16: 375-381.
- Foster, D.L., Yellon, S.M., Olster, D.H., 1985. Internal and external determinants of the timing of puberty in female. *J. Reprod. Fertil.* 75: 327-344.
- Foster, D.L., Karsch, F.J., Olster, D.H., Ryan, K.D., Yellon, S.M., 1986. Determinants of puberty in a seasonal breeder. *Rec. Progr. Horm. Res.* 42: 331-384.
- Foster, D.L., Jackson, L.M., 2006. "Puberty in the sheep" in *The Physiology of Reproduction*, 3th Edition, E. Knobil and J.D. Neill, Elsevier. pp. 2127-2176.
- Gelez, H., Archer, E., Chesneau, D., Lindsay, D., Fabre-Nys, C., 2004. Role of experience in the neuroendocrine control of ewes' sexual behavior. *Horm. Behav.* 45: 190-200.

- Grajales, H., Hernández, A., Prieto, E., 2010. Niveles de progesterona durante el ciclo normal y silencioso en bovinos en el trópico colombiano. *Rev. MVZ Córdoba* 15: 2060-2069.
- Greyling, P.C., van Niekerk, C.H., 1990. Puberty and the induction of puberty in female boer kids. *S. Afr. Anim. Sci.* 20: 193-200.
- Hawken, P.A., Martin, G.B., 2012. Sociosexual stimuli and gonadotropin-releasing hormone/luteinizing hormone secretion in sheep and goats. *Dom. Anim. Endocrinol.* 43: 85-94.
- Hemsworth, P.H., Cronin, G.M., Hansen, C., 1982. The influence of social restriction during rearing on the sexual behavior of the gilt. *Anim. Prod.* 35: 35-40.
- Huffman, L.J., Inskeep, E.K., Goodman, R.L., 1987. Changes in episodic luteinizing hormone secretion leading to puberty in the lamb. *Biol. Reprod.* 37: 755-761.
- Khanum, S.A., Hussain, M., Ali, M., Kausar, R., Cheema, A.M., 2000. Age at puberty in female Dwarf goat kids and estrous cycle length on the basis of hormones. *Pakistan Vet. J.* 2: 71-76.
- Lassoued, N., Rekik, M., Mahouachi, M., Ben Hamouda, M., 2004. The effect of nutrition prior to and during mating on ovulation rate, reproductive wastage, and lambing rate in three sheep breeds. *Small Rumin. Res.* 52: 13-18.

- MacHugh, D.E., Bradley, D.G., 2001. Livestock genetic origins: Goats buck the trend. *PNAS* 98:5382-5384.
- Mavrogenis, A.P., Robison, O.W., 1976. Factors affecting puberty in swine. *J. Anim. Sci.* 42: 1251-1255.
- Moaeen-ud-Din, M., Yang, L.G., Chen, S.L., Zhang, Z.R., Xiao, J.Z., Wen, Q.Y., Dai, M., 2008. Reproductive performance of Matou goat under subtropical monsoonal climate of central China. *Trop. Anim. Health Prod.* 40: 17-23.
- Murray, R.M., 1972. Age of onset of puberty in Merino ewes in semi-arid tropical Queensland. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 9: 181-185.
- Olster, D. H., Foster, D. L., 1986. Control of gonadotropin secretion in the male during puberty: a decrease in response to steroid inhibitory feedback in the absence of an increase in steroid-independent drive in the sheep. *Endocrinology* 118: 2225–2234.
- Papachristoforou, C., Koumas, A., Photiou, C., 2000a. Seasonal effects on puberty and reproductive characteristics of female Chios sheep and Damascus goats born in autumn or in February. *Small Rumin. Res.* 38: 9-15.
- Papachristoforou, C., Hadjipanayiotou, M., Koumas, A., Christofides, C., Economides, S., 2000b. Nutritional effects on puberty and production performance of ewe lambs and goat kids. *CIHEAM* 52: 55-58.

- Pearce, D.T., Oldham, C.M., 1984. The ram effect, its mechanism and application to the management of sheep—a review. In: Lindsay, D.R., Pearce, D.T. (Eds.), *Reproduction in Sheep*. Cambridge University Press, Cambridge, pp 26–34
- Pralomkam, W., Saithanoo, S., Ngampongsai, W., Suwanrut, C., Milton, J.T.B., 1996. Growth and puberty traits of Thai native (TN) and TN x Anglo-Nubian Does. *AJAS* 5: 591-595.
- Ponce de León, J.M., Valencia, M., Rodríguez, A., Gonzalez-Padilla, E., 1981. Efecto del sistema de alimentación y época de nacimiento sobre la aparición del primer celo en borregas Pelibuey. VII Reunión Latinoam. Prod. Anim. Sto. Domingo, República Dominicana, F-46.
- Rekwot, P., Ogwu, D., Oyedipe, E., Sekoni, V., 2000. Effects of bull exposure and body growth on onset of puberty in Bunaji and Freisian x Bunaji heifers. *Reprod. Nutr. Dev.* 40: 359-367.
- Ricordeau, G.J., Bouillait. J., Gaillard, A., Lajous, A., Lajous, D., 1984. Modalités et caractéristiques de reproduction chez les caprines. Aspects génétiques. *Bulletin Technique d'Information INRA* 391: 367-383.
- Ryan, K. D., Goodman, R. L., Karsch, F. J., Legan, S. J., Foster, D. L., 1991. Patterns of circulating gonadotropins and ovarian steroids during the first periovulatory period in the developing sheep. *Biol. Reprod.* 45: 471–477.

- Sakurai, K., Ohkura, S., Matsuyama, S., Katoh, K., Obara, Y., Okamura, H., 2004. Body growth and plasma concentrations of metabolites and metabolic hormones during the pubertal period in female shiba goats. *J. Reprod. Dev.* 50: 197-205.
- Shelton, M., 1960. Influence of the presence of a male goat on the initiation of oestrous cycling and ovulation of Angora does. *J. Anim. Sci.* 19: 368-375.
- Shelton, M., 1978. Reproduction and breeding of goats. *J. Dairy Sci.* 61:994-1010.
- Silva, A., Nunes, J.F., Riera, G.S., Foote, W.C., 1988. Idade, peso e taxa de ovulacao a puberdade em ovinos deslanados no nordeste do Brasil. *Brazilian J. Agri. Res.* 23: 271-283.
- Smith, M.C., 1980. Caprine reproduction. In: Morrow D.A. (Ed.). *Current Therapy in Theriogenology in Animals*. Saunders, Philadelphia.
- SYSTAT 13, 2009. Chicago, IL, USA.
- Tarazona, A.M., Ceballos, M.C., Naranjo, J.F., Cuartas, C.A., 2012. Factors affecting forage intake and selectivity in ruminants. *Rev. Colomb. Cienc. Pec.* 25: 473-487.
- Valasi, I., Chadio, S., Fthenakis, G.C., Amiridis, G.S., 2012. Management of pre-pubertal small ruminants: Physiological basis and clinical approach. *Anim. Reprod. Sci.* 130: 126-134.

- Vandenbergh, J.G., 2006. Pheromones and Mammalian Reproduction. 3th Edition. E. Knobil and J.D. Neill, Elsevier. pp. 2041-2058.
- Vitali, A., Magistrelli, D., Azebedo, J., Bernabucci, U., Ronchi, B., Rosi, F., 2005. Leptin and puberty in goat. *Ital. J. Anim. Sci.* 4: 383-385.
- Walkden-Brown, S.W., Restall, B.J., Scaramuzzi, R.J., Martin, G.B., 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 Res.* 26: 239-252.
- Watson, R.H., Gamble, L.C., 1960. Puberty in the Merino ewe with special reference to the influence of season of birth upon its occurrence. *Aust. J. Agric. Res.* 12: 124-138.
- Wiggins, E.L., Miller III, W.W., Barker, H.B., 1970. Age at puberty in fall-born ewe lambs. *J. Anim. Sci.* 30: 974-977.
- Zalesky, D.D., Day, M.L., Garcia-Winder, M., Imakawa, K., Kittok, R.J., D'Occhio, M.J., Kinder, J.E., 1984. Influence of exposure to bulls on resumption of estrous cycles following parturition in beef cows. *J. Anim. Sci.* 59: 1135–1139.
- Zarazaga, L.A., Guzmán, J.L., Domínguez, C., Pérez, M.C., Prieto, R., Sánchez, J., 2009. Nutrition level and season of birth do not modify puberty of Payoya goats kids. *Animal* 3: 79-86.