



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales
Maestría en Salud y Producción Animal Sustentable

EFFECTO DEL ESTRÉS NUTRICIONAL SOBRE LA FUNCIÓN LÚTEA POST-SERVICIO EN CABRAS INDUCIDAS A OVULAR DURANTE EL ANESTRO ESTACIONAL.

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de Maestro en Salud y Producción Animal Sustentable

Presenta:

Ing. Agp. Jonathan Alexander Agredo Palechor

Dirigido por:

Dr. Héctor Raymundo Vera Ávila

Campus Juriquilla,
Querétaro, Qro.
Octubre de 2018
México



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales
Maestría en Salud y Producción Animal Sustentable

EFFECTO DEL ESTRÉS NUTRICIONAL SOBRE LA FUNCIÓN LÚTEA POST-SERVICIO EN CABRAS INDUCIDAS A OVULAR DURANTE EL ANESTRO ESTACIONAL.

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de Maestro en Salud y Producción Animal Sustentable

Presenta:

Ing. Agp. Jonathan Alexander Agredo Palechor

Dirigido por:

Dr. Héctor Raymundo Vera Ávila

SINODALES

Dr. Héctor Raymundo Vera Ávila
Presidente

Firma

Dr. Héctor Mario Andrade Montemayor
Secretario

Firma

Dr. Héctor Jiménez Severiano
Vocal

Firma

Dr. Jorge Urrutia Morales
Suplente

Firma

MSPAS. Juan Carlos Silva Jarquin
Suplente

Firma


Dra. Juana Elizabeth Elton Puente
Directora de la Facultad


Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña
Directora de Investigación y Posgrado

Campus Juriquilla,
Querétaro, Qro.
Octubre de 2018
México

RESUMEN

Esta investigación se llevó a cabo en el campus Amazcala de la facultad de Ciencias Naturales, de la Universidad Autónoma de Querétaro, ubicado en el municipio del Marqués, Querétaro. El objetivo fue determinar el efecto del estrés nutricional sobre la función lútea post-servicio en cabras que fueron inducidas a ovular durante el anestro estacional. Se utilizaron 35 hembras primaras de la raza Nubia (NB=18) y Alpina (AP=17), distribuidas en dos grupos experimentales: estrés nutricional (EN) y Control (CT), con un peso inicial de (EN: 38.91 ± 6.29 Kg.) Vs. (CT: 36.95 ± 7.46 Kg.); y un índice de masa corporal (IMC) de (EN: 9.25) Vs. (CT: 8.89). En el grupo EN (n=18) se indujo estrés nutricional entre 2 días pre y 30 días post-servicio, mediante la disminución en 50 % de la oferta de alimento de acuerdo al consumo voluntario individual de una dieta integral., El grupo CT (n=17) se mantuvo sin restricción. El estro fue inducido mediante dispositivos intravaginales CIDR[®] los cuales fueron retirados 10 días posteriores a su implantación, aplicando al mismo tiempo 250 U.I. de eCG i.m. (Folligon) y 7 mg de PF2 α (Lutalyse); 48 hr posteriores al retiro del dispositivo las cabras fueron servidas por machos fértiles mediante montas controladas asegurando 2 servicios por hembra con el mismo animal. El diagnóstico de gestación se realizó a los 30 y 45 días post-servicio mediante ultrasonografía transrectal, obteniendo 55.6% y 94.1% de tasa de preñez para EN y CT respectivamente ($p < 0.05$); de manera similar el tratamiento influyó en el índice de masa corporal final (IMCF: 7.85 Vs 9.02) y peso final (PF: 38.84 Vs 43.37 kg). Se caracterizó la función lútea mediante la determinación por RIA de concentraciones plasmáticas de progesterona en muestras sanguíneas colectadas durante 30 días post-servicio, cada día durante los primeros 10 días y cada 3 días posteriormente; a partir de estas se estimó el % de cabras que ovularon, concentraciones mínimas (Mín), medias (Med) y máximas (Máx) de P4, tiempo de inicio de las fases lúteas (TIFL), e incidencia de fases lúteas cortas (FLC) en cabras

no gestantes. El análisis estadístico fue mediante ANDEVA para un diseño completamente al azar considerando los efectos de grupo (GPO), raza (RZA), diagnóstico de gestación (DXG) y las dobles interacciones. La tasa de gestación se evaluó mediante regresión logística y para FLC se realizó un análisis descriptivo. De acuerdo a las concentraciones séricas de P4 se determinó que el 94.3% de las unidades experimentales presentó ovulación asociada al estro inducido. Los valores de progesterona plasmática fueron atípicos en la única cabra no gestante del grupo EN y en otra no gestante del grupo CT por lo que sus fases lúteas no se pudieron caracterizar. Debido a esto no se pudo probar la interacción GPO x DXG en el ANDEVA para las diferentes variables de P4. La concentración Med de P4 fue mayor en las hembras que quedaron gestantes comparado con las hembras vacías (1.51 vs 1.04 ng/mL respectivamente; $P=0.03$). Las concentraciones Mín y Med de P4 no fueron influenciadas por el GPO, RZA y GPO x RZA, sin embargo, los valores Máx de P4 tendieron ($P= 0.06$) a ser mayores en la raza AP comparado con la NB (2.57 vs. 1.94 ng/mL, respectivamente) al igual que la tasa de preñez (88.2 vs 61.1%, $P=0.06$). En cuanto al TIFL, las hembras no gestantes tuvieron un retraso en este inicio con respecto a las gestantes (5.71 vs. 3.86 días, $P=0.07$). La incidencia de fases lúteas cortas de acuerdo al total de unidades experimentales no gestantes fue de 11.1%. Se concluye que, en cabras inducidas a ovular durante el periodo de anestro estacional, el estrés nutricional por restricción en el consumo de alimento durante el periodo post-servicio temprano tiene un efecto negativo marcado sobre la tasa de gestación; muy probablemente por causa de una disfunción lútea representada por un retraso en el inicio de la fase lútea.

Palabras Claves: Anestro estacional, estrés nutricional, función lútea.

SUMMARY

This research was carried out in the Amazcala campus of the faculty of Natural Sciences, of the Autonomous University of Querétaro, located in the municipality of Marqués, Querétaro. The objective was to determine the effect of nutritional stress on post-service luteal function in goats that were induced to ovulate during the seasonal anoestrus. A total of 35 Nubian females (NB = 18) and Alpina (AP = 17) were used, distributed in two experimental groups: nutritional stress (EN) and Control (CT), with an initial weight of (EN: 38.91 ± 6.29 Kg.) Vs. (CT: 36.95 ± 7.46 Kg.); and a body mass index (BMI) of (EN: 9.25) Vs. (CT: 8.89). In the EN group (n = 18), nutritional stress was induced between 2 days pre- and 30 days post-service by a 50 % reduction in the daily amount of feed offered considering the individual voluntary consumption of an integral diet. The CT group (n = 17) remained without restriction. The estrus was induced by CIDR® intravaginal devices, which were removed 10 days after insertion, applying at the same time 250 U.I. of eCG i.m. (Folligon) and 7 mg of PF2 α (Lutalyse); 48 hr after removal of the device the goats were served by fertile males through controlled mounts assuring 2 services per female with the same animal. Pregnancy diagnosis was made at 30 and 45 days post-service through transrectal ultrasonography, obtaining 55.6% and 94.1% of pregnancy rate for EN and CT respectively (p <0.05); in a similar way treatment influenced final body mass index (IMCF: 7.85 Vs 9.02) and final body weight (PF: 38.84 Vs 43.37 kg). Luteal function was characterized through RIA determination of plasma progesterone concentrations in blood samples collected during 30 days post-service, every day for the first 10 days and every 3 days thereafter; from these we estimated the percentage of goats that ovulated, minimum (Min), mean (Med) and maximum (Max) concentrations of P4, time of onset of the luteal phases (TIFL), and incidence of short luteal phases (FLC) in non-pregnant goats. The statistical analysis was by means of ANDEVA for a completely randomized design considering

the effects of group (GPO), race (RZA), diagnosis of gestation (DXG) and double interactions. Pregnancy rate was evaluated through logistic regression and for FLC a descriptive analysis was performed. According to the serum concentrations of P4 it was determined that 94.3% of the experimental units presented ovulation associated with induced estrus. Plasma progesterone was atypical in the unique non-pregnant goat of the EN group and in another non-pregnant CT goat, thus characterization of their luteal phase was not possible. Because of it, the GPO x DXG interaction could not be tested in the ANDEVAS for the P4 variables. Med concentration of P4 was higher in females that became pregnant compared to empty females (1.51 vs 1.04 ng / mL respectively; $P=0.03$). Min and Med concentrations of P4 were not influenced by GPO, RZA y GPO x RZA, however, Max values of P4 tended to be higher in the AP breed compared to the NB (2.57 vs. 1.94 ng / mL, respectively; $P = 0.06$) as well as the pregnancy rate (88.2 vs 61.1%, $P = 0.06$). Regarding TIFL, non-pregnant goats delayed this initiation as compared to pregnant goats (5.71 vs. 3.86 days, $P=0.07$). The incidence of short luteal phases according to the total of non-pregnant experimental units was 11.1%. It is concluded that in goats induced to ovulate during the anestrus season, nutritional stress due to restriction in feed consumption during the early post-service period severely affects pregnancy rate; most likely due to a luteal dysfunction represented by a delay in the onset of the luteal phase.

Key words: Seasonal anestrus, nutritional stress, luteal function.

Dedicatorias

A mi familia, en especial a mi madre Marisol Palechor Correa por ser mi más grande ejemplo; mis abuelas María Argenis Moreno y Rosalba Correa Mayorga, por su gran apoyo y acompañamiento, no sólo durante todo este ciclo de formación profesional sino también por su dedicación a mi formación como persona; a mi hijo Emmanuel Agredo Zuñiga por convertirse en el motor que me impulsa cada día a dar un paso más hacia adelante y a mi abuelo Manuel Bolívar Agredo, quién por su paso aquí en la tierra dejó una huella inolvidable.

Agradecimientos

Mis más sinceros agradecimientos a mi tutor Héctor Raymundo Vera Ávila, por su apoyo y confianza; por dedicar de su tiempo, experiencia y sus conocimientos en la orientación y construcción de este trabajo de investigación.

A la Universidad Autónoma de Querétaro por brindarme la grandiosa oportunidad de continuar con mi crecimiento académico en el programa de maestría en Salud y Producción Animal Sustentable.

A los miembros de comité tutorial, Héctor Mario Andrade Montemayor, Héctor Jiménez Severiano, Jorge Urrutia Morales, Juan Carlos Silva Jarquin, los cuales me guiaron y asesoraron durante este trabajo.

A Colaboradores (Dr. Eugenio Villagómez Amezcua Manjarrez, Aurora, Aurora Jauregui Mejía, Pamela López, Nayeli Rico, Yesenia Contreras, Andrea López, Marco Rojas, Cristian Figueroa, Yunier Hernández, Jesús Flores, Christopher Narro, Rodrigo Sánchez, Rodrigo Morales, Gilberto Reyes, Gustavo Mendoza, Daniel del Cueto).

A mis amigos y compañeros por sus consejos oportunos, y por ser partícipes de mi formación profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por su apoyo económico mediante la beca; la cual fue fundamental para solventar mis gastos durante este proceso de formación.

Especialmente a Dios y a mi familia quienes me apoyaron de forma incondicional en todo momento.

ÍNDICE

	Página
Resumen	i
Summary	iii
Dedicatorias	v
Agradecimientos	vi
Índice	vii
Índice de figuras	ix
Índice de Cuadros	x
I. INTRODUCCIÓN	11
II. REVISIÓN DE LITERATURA	13
2.1 Contexto general de la producción caprina en México	13
2.2 Aspectos de manejo reproductivo en cabras	14
2.2.1 Ciclo anual reproductivo de la cabra	14
2.2.2 Desarrollo folicular en el ciclo anual estacional	15
2.2.3 Fisiología de la estacionalidad reproductiva	16
2.2.4 Inducción hormonal para romper el ciclo estacional reproductivo	17
2.3 Relación nutrición / eficiencia reproductiva	19
2.3.1 Efectos generales de la subnutrición sobre la pubertad	19
2.3.2 Efectos generales de la subnutrición sobre la actividad ovulatoria en el ciclo anual estacional	20
2.3.3 Efectos generales de la subnutrición sobre la concepción y mantenimiento de la gestación	22
III. HIPÒTESIS	26
IV. OBJETIVOS	27
4.1 Objetivo general	27

4.2 Objetivos específicos	27
V. MATERIALES Y MÉTODOS	28
5.1 Ubicación	28
5.2 Unidades experimentales	28
5.3 Manejo	28
5.4 Tasa de gestación y función lútea post-servicio	29
5.5 Determinación Análisis Químico Proximal (AQP) de la dieta integral	29
5.6 Variables de respuesta	30
5.7 Análisis estadístico	31
VI. RESULTADOS y DISCUSIÓN	32
VII. CONCLUSIONES	42
VIII. LITERATURA CITADA	43
IX. ANEXOS	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Actividad estral y de anestro en cabras, junto con etapas de transición en las que puede haber o no actividad estral (Vera, 2011).	15
2	Ciclo reproductivo de las cabras (Cueto <i>et al.</i> , 2000).	17
3	Peso inicial y final en cabras EN y CT.	33
4	IMC inicial y final en cabras EN y CT.	34
5	Tasa de gestación en cabras EN y CT.	36
6	Comparación de las Concentraciones Mín, Med y Máx de P4, durante la fase lútea entre hembras gestantes y vacías.	38
7	Comparación de las Concentraciones Mín, Med y Máx de P4 durante la fase lútea entre animales AP y NB.	39
8	Incidencia de fases lúteas normales (FLN > 8 días) vs. Fases lúteas cortas (FLC ≤ 8 días), sobre el total de hembras no gestantes.	41

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Consumo diario de componentes de la dieta integral en cabras CT y EN	32

I. INTRODUCCIÓN

Con aproximadamente 9 millones de cabezas, la población caprina de México es la segunda de América y la décima novena del mundo. La producción de esta especie animal a nivel mundial y nacional representa cada día una mayor importancia desde el punto de vista social, ya que constituye en ocasiones el único medio de sustento y fuente de alimentos para numerosas familias campesinas e indígenas. En la actualidad la caprinocultura en México sigue siendo una actividad principalmente de tipo familiar; se estima aproximadamente 350 000 familias que participan en ella, contribuyendo a su vez al arraigo a su medio rural y evitando que emigren a zonas urbanas (SAGARPA, 2010).

En su mayoría, las unidades de producción están conformados por pequeños rebaños, predominando el sistema extensivo caracterizado por la poca infraestructura y sus bajos niveles de productividad; esta última derivada principalmente de la escasa cobertura vegetal/forraje disponible en ciertas épocas del año, como fuente principal de alimentación para los caprinos. Por otra parte, a pesar de considerarse a esta especie animal rustica por naturaleza y con una alta capacidad de adaptación a ambientes adversos (Aréchiga *et al.*, 2008), su estacionalidad reproductiva limita significativamente la productividad e impide la generación constante de productos y por ende se produce escasez en algunos periodos del año. Esta condición, depende fundamentalmente de la estacionalidad ovulatoria que presentan las razas caprinas utilizadas en los diferentes sistemas de producción (Mellado *et al.*, 1991; Silva *et al.*, 1998; Estrada *et al.*, 2009). Sin embargo, existe evidencia que la eficiencia reproductiva en los caprinos puede verse afectada por otros factores, como la condición nutricional de la hembra; ocasionando un efecto negativo sobre la estacionalidad ovulatoria al favorecer la prolongación del periodo anovulatorio, o afectando otros procesos reproductivos

como la gestación (Zarazaga *et al.*, 2004; Mellado & Pastor, 2006; Estrada *et al.*, 2009; Duarte *et al.*, 2008).

Indicios del efecto del estrés nutricional sobre la función lútea y mantenimiento de la gestación temprana en cabras en transición hacia el anestro fueron observados por Herrero *et al.* (2011). Lo anterior, podría ser debido a que el estrés nutricional produce un aumento en la sensibilidad del hipotálamo a la retroalimentación negativa de los estrógenos, afectando negativamente la frecuencia de secreción pulsátil de GnRH/LH y consecuentemente la maduración/mantenimiento del cuerpo lúteo. El efecto anterior podría potencializarse en cabras inducidas a ovular fuera de la estación reproductiva, ya que la estacionalidad media su efecto sobre la actividad ovulatoria a través de un mecanismo similar; aumento en la sensibilidad a la retroalimentación negativa de estradiol.

Con base a lo anterior se llevó a cabo esta investigación, con el fin de determinar el efecto del estrés nutricional sobre la tasa de gestación y función lútea post-servicio en cabras inducidas a ovular durante el anestro estacional.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CONTEXTO GENERAL DE LA PRODUCCIÓN CAPRINA EN MÉXICO

De acuerdo al inventario caprino mundial, México se encuentra en el décimo tercer lugar y a nivel del continente Americano ocupa el segundo lugar después de Brasil (FAO, 2008). La caprinocultura en México se desarrolla en unas 350.000 unidades de producción, con una población cercana a 9 millones de cabezas, las cuales se distribuyen principalmente en cuatro zonas: Árida y Semiárida 39.7%, Centro-Bajío 21.4%, Región Mixteca 26.4% y Zona Tropical 12.4% (SAGARPA, 2010). Se producen aproximadamente 44 mil toneladas de carne en canal al año, lo que representa alrededor del 1% de las carnes que se producen en el País (SIAP, 2011).

La producción caprina en México genera 43,000 toneladas de carne al año, siendo Coahuila y Oaxaca los estados que más aportan con 12.2% y 10.3%, respectivamente. De igual manera, se producen más de 160 millones de litros de leche de cabra al año, donde Coahuila y Durango son los estados que más producen con 34.8% y 23%, respectivamente (SAGARPA, 2008). Sin embargo, la producción caprina en México es relativamente baja, en contraste con otras especies; resultando ser una excelente fuente de alimento (leche y carne) así como un ingreso económico extra para los habitantes de zonas marginadas del país (Aréchiga *et al.*, 2008).

A pesar de considerarse a esta especie animal rustica por naturaleza y con una alta capacidad de adaptación a ambientes adversos (Aréchiga *et al.*, 2008); existe el factor de la estacionalidad reproductiva que limita significativamente la productividad dentro de todos los sistemas de producción caprina en México; la cual impide la generación constante de productos y por ende una escasez en algunos periodos del año. Esta condición, depende fundamentalmente de la estacionalidad

ovulatoria que presenta el ganado caprino en los diferentes sistemas de producción (Mellado *et al.*, 1991; Silva *et al.*, 1998; Estrada *et al.*, 2009). Sin embargo, existe evidencia de que la eficiencia reproductiva en los caprinos puede verse afectada por otros factores, como la condición nutricional de la hembra; ocasionando un efecto negativo sobre la estacionalidad ovulatoria al favorecer la prolongación del periodo anovulatorio, o afectando otros procesos reproductivos como la gestación (Zarazaga *et al.*, 2004; Mellado & Pastor, 2006; Duarte *et al.*, 2008; Estrada *et al.*, 2009).

2.2 ASPECTOS DE MANEJO REPRODUCTIVO EN CABRAS

2.2.1 Ciclo anual reproductivo de la cabra

Las cabras de acuerdo a su comportamiento reproductivo están consideradas como reproductores poliéstricas estacionales de foto periodo descendente, es decir manifiestan el celo cuando los días se acortan en el otoño (Evans & Maxwell, 1990).

Según la distribución geográfica en México, las cabras Nubia y las criollas de origen español pueden presentar un periodo corto sin actividad reproductiva durante los meses más calurosos, siendo muy común este fenómeno en los estados del norte (Mellado *et al.*, 2004). Por otra parte, hacia el centro del país la reproducción depende básicamente de la disponibilidad de alimento, sanidad y factores genéticos, debido a que la variación diaria y estacional de la temperatura es menos elevada (Rabasa *et al.*, 2001). Lo que resalta la importancia que puede tener la incidencia de factores no fotoperiódicos como reguladores de la estacionalidad reproductiva, independientemente del sistema de producción y el componente racial que sean utilizados (Vera *et al.*, 2013).

En las cabras, se considera que el ciclo anual reproductivo consta de 3 periodos: el periodo de apareamiento que es cuando los animales presentan actividad cíclica estral/ovulatoria; el periodo de anestro que es cuando esta actividad

cíclica se suspende; y los periodos de transición entre los de apareamiento y anestro, que a su vez son periodos en que existe capacidad de responder a estímulos no fotoperiodicos que influyen sobre la actividad estral/ovulatoria Figura 1. (Vera, 2011).



Figura 1. Actividad estral y de anestro en cabras, junto con etapas de transición en las que puede haber o no actividad estral (Vera, 2011).

2.2.2 Desarrollo folicular en el ciclo anual estacional

La cabra es un animal poliéstrico estacional, es decir, presenta varios ciclos estrales únicamente en una estación determinada del año. Debido a dicha característica, la actividad reproductiva se relaciona íntimamente con el ritmo de producción de carne, leche y sus derivados. Cuando la especie es manejada sin algún esquema de manipulación reproductiva, la estacionalidad reproductiva se convierte en una estacionalidad productiva, lo que representa problemas serios de comercialización para los productores que por lo general están inmersos en un mercado que exige producto durante todo el año y, curiosamente, incrementa su demanda durante la estación que corresponde a la menor producción de la especie Figura 1. Es por eso importante, a partir del conocimiento de la fisiología sexual en la especie, desarrollar y conocer estrategias de manejo reproductivo eficientes que

permitan mejorar la productividad. A continuación, se describen los aspectos más importantes a considerar dentro de la fisiología reproductiva de la especie caprina y los procedimientos y métodos disponibles para su manipulación sexual con objetivos prácticos. Debido a la escasez de información obtenida en la cabra, en algunos casos se presentan datos obtenidos en ovinos y otras especies con una fisiología reproductiva aceptada como similar (Ramirez & Ducoing, 2010).

2.2.3 Fisiología de la estacionalidad reproductiva

El ciclo estral está regulado por una serie de hormonas dentro de las cuales encontramos: folículo estimulante (FSH) y luteinizante (LH), que se producen en la hipófisis anterior, además de estrógenos (E) y progesterona (P4), producidas por el ovario. La función principal de la FSH es intervenir en la estimulación del desarrollo de los folículos del ovario para la producción de oocitos, y la LH actúa en la fase final del crecimiento de los folículos y desencadena la ovulación (Cueto *et al.*, 2000). Los estrógenos son liberados por los folículos los cuales se encuentran en proceso de maduración y su aumento en sangre ocasiona el comportamiento en celo de la cabra y por ende el momento propicio para que ésta acepte al macho. Al presentarse la ovulación, a partir del folículo ovulatorio se forma el denominado cuerpo lúteo, siendo su finalidad la producción de progesterona, el cual favorece el mantenimiento de la gestación en el caso de que la hembra quede preñada; por el contrario, el cuerpo lúteo irá perdiendo su actividad biológica y se presentará un nuevo celo. Este proceso continuará durante la estación reproductiva y será interrumpido sólo por la preñez, determinadas enfermedades o una alimentación deficiente (Cueto *et al.*, 2000).

A continuación, se presenta de manera gráfica Figura 2. el ciclo reproductivo de la cabra:

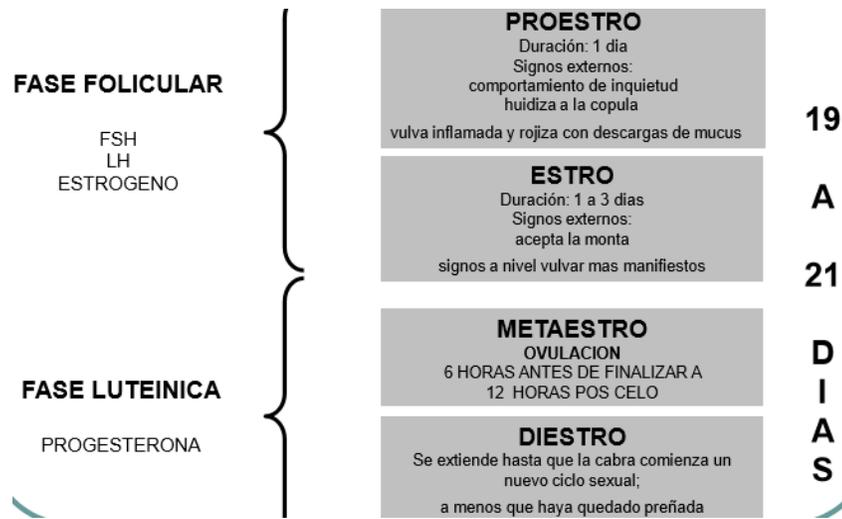


Figura 2. Ciclo reproductivo de las cabras (Cueto *et al.*, 2000).

Por otra parte, cambios en el peso, edad y composición corporal, inducen cambios en la endocrinología reproductiva de animales jóvenes que inician su actividad de cría. Los folículos ováricos y todos los mecanismos endócrinos necesarios para la reproducción están en su lugar mucho antes que el animal alcance la pubertad, con la excepción del mecanismo por el cual el cerebro permite una alta frecuencia de pulsos de la hormona liberadora de gonadotrofinas, GnRH (Foster *et al.*, 1988; Bronson y Manning, 1988). Cada pulso de GnRH provoca un pulso de LH desde la parte anterior de la glándula pituitaria, que por encima de cierta frecuencia inducirá crecimiento folicular y ovulación (revisión: Martin, 1984).

2.2.4 Inducción hormonal para romper el ciclo estacional reproductivo

Una de las principales estrategias para inducir la ovulación en cabras fuera de la estación, es el uso de técnicas reproductivas, como los tratamientos hormonales para la sincronización del celo; lo que nos permite organizar el manejo reproductivo dentro del rebaño (Cueto *et al.*, 2000).

La inducción de la ovulación mediante uso de hormonas se basa en el uso de progestágenos para semejar la fase lútea normal. Dentro de estos los más conocidos se encuentra, el acetato de fluorogestona (FGA) en combinación con gonadotropina coriónica equina (eCG) representando el método de inducción más utilizado hasta el momento en caprinos. Las esponjas intravaginales conteniendo FGA (ChronoGest®, Intervet), contienen entre 30 a 45 mg del producto; se aplican a la hembra y permanece intravaginal por 9 a 14 días (Kusina *et al.*, 2000). Posteriormente se retira la esponja y se aplica una inyección intramuscular de eCG con el fin de estimular el desarrollo folicular. Las dosis varían dependiendo de la etapa fisiológica del animal por lo que se sugiere aplicar 100 UI en cabras lecheras jóvenes hasta 600 UI en cabras adultas lactantes. Existe la probabilidad entre el 80 y 100% de que los animales que manifiesten signos de celo sean observados en un lapso de 24 a 48 horas después de la aplicación de la eCG. El acetato de medroxi-progesterona (MAP), con uso similar al del FGA es otro de los progestágenos que se ha utilizado de manera intravaginal (en esponjas) con la obtención de buenos resultados (Motlomelo *et al.*, 2002; Romano, 2004).

Con resultados similares que las esponjas que contienen FGA, se han empezado a utilizar los dispositivos intravaginales conocidos como CIDR® (dispositivo interno de liberación controlada de droga). Siendo éste un depósito que contiene 0.33 gramos de progesterona natural la cual es liberada permanentemente hasta su retiro. Se dispone en el animal de forma intravaginal por un período de 12 a 14 días, tiempo en el cual la mayoría de las hembras tratadas manifestarán celo aproximadamente después de 24 a 48 horas de su retiro (Wheaton *et al.*, 1993).

El norgestomet (Crestar®, Intervet) usado comúnmente en la sincronización estral de bovinos, ha sido utilizado con éxito también en cabras. Este producto comercial consta de un implante que contiene el progestágeno (norgestomet), y una inyección con valerato de estradiol y norgestomet. Su uso consiste en la colocación del implante (1.2 a 2 mg de norgestomet) inyectando al tiempo el valerato de estradiol (1.25mg) /norgestomet (0.75 a 1.5mg); pasados nueve a once días

después el implante es retirado, iniciando su respuesta estral a partir de las primeras 24 horas posteriores (Mellado & Valdéz, 1997; Oliveira *et al.*, 2001).

2.3 RELACIÓN NUTRICIÓN / EFICIENCIA REPRODUCTIVA

2.3.1 Efectos generales de la subnutrición sobre la pubertad

La pubertad en las hembras vista desde un punto de vista práctico, es la edad en la que el animal puede mantener la preñez; mientras que para los machos es la edad en la que su eyaculado contiene un número adecuado de espermatozoides para permitir que haya una fertilización exitosa (Valasi *et al.*, 2012). Sin embargo, dado a la gran variabilidad que existe entre individuos en cuanto al inicio y progresión de la pubertad, indica que es éste un proceso fisiológico complejo en el cual interactúan múltiples factores internos y externos a parte de la edad cronológica; los cuales van a depender de la jerarquía y asociación de diferentes señales para permitir o inhibir la aparición o adelanto en el inicio de la pubertad (Meza, 2008; Valasi *et al.*, 2012). De igual manera, los sistemas neurotransmisores y neuromoduladores que actúan sobre la red secretora de GnRH, transmiten información sobre señales tanto internas como externas, información sobre fotoperiodo, estación de nacimiento, metabolismo, nutrición, señales sociales con animales machos o hembras, actuando sobre el ciatotipo genético y la función del sistema secretorio de GnRH (Valasi *et al.*, 2006; Meza, 2008).

La pubertad desde el punto de vista neuroendocrino, es la activación del sistema de secreción de la GnRH como mensajero primario involucrado en la maduración sexual; gracias a esto es transformado a un sistema de secreción interrumpido en el que incrementa el pulso para estimular la secreción prepuberal de gonadotropinas y a su vez la actividad gonadal a través del incremento en la frecuencia de los pulsos de LH y FSH (Ebling, 2005; Ojeda *et al.*, 2006; Meza, 2008). Durante la pubertad los cambios en el patrón de liberación de GnRH están bajo el control de mecanismos dependientes e independientes de esteroides. Este primero

por acción de la retroalimentación negativa, provoca cambios en la sensibilidad de los esteroides gonadales para la regulación de las neuronas de GnRH. Aunque la habilidad para la liberación de los pulsos de GnRH de alta frecuencia es esencial a una edad temprana, esto no se expresa completamente debido a la presencia de esteroides gonadales y la gran sensibilidad del sistema de la GnRH para estos esteroides. De tal manera que el tiempo a la pubertad se enfoca en la sensibilidad del decrecimiento de los esteroides gonadales, para permitir un incremento en la frecuencia de pulsos de GnRH (Suttie *et al.*, 1991; Foster, 1994; Meza *et al.*, 2009). Estos cambios de gran importancia en las gonadotropinas, marcan claramente el inicio de la pubertad al presentarse un aumento en la frecuencia de pulso, siendo al parecer la clave de la función reproductiva. Sin embargo, debido a la diferencia sexual respecto a la sensibilidad del sistema GnRH por la inhibición de los esteroides entre el macho y la hembra, el inicio de la pubertad se genera en un tiempo diferente. (Claypool & Foster, 1990).

2.3.2 Efectos generales de la subnutrición sobre la actividad ovulatoria en el ciclo anual estacional.

La reproducción es un proceso que demanda un alto gasto metabólico por lo que requiere suficientes niveles de energía para poderse llevar a cabo. Esta situación se hace más evidente en las hembras mamíferas, debido al elevado gasto de energía durante la etapa fisiológica de la gestación y la lactancia; mientras que en los machos la función reproductiva también es sensible a las condiciones de estrés metabólico, sus requerimientos son menores comparado con el de las hembras (Roa & Sempere, 2011). Por consiguiente, tanto el estado metabólico como la disponibilidad de nutrientes son algunos de los factores ambientales principales y necesarios para el establecimiento de la función reproductiva (Scaramuzzi *et al.*, 2006; Meza *et al.*, 2009).

La afirmación de que la aparición de la pubertad depende principalmente de las reservas corporales adecuadas de energía ha sido conocida desde hace algunos

años, sin embargo, el fundamento neuroendocrino para tal regulación metabólica de la pubertad y la fertilidad ha comenzado a revelarse recientemente (Roa *et al.*, 2010). Por lo tanto, un mayor entendimiento de los mecanismos del sistema puede permitir el desarrollo de métodos para modificar la intensidad de la activación de la estimulación nutricional del hipotálamo, incrementando la habilidad para modular la reproducción (Dunn & Moss, 1992).

En muchas especies animales el déficit de nutrientes afecta la secreción de hormonas gonadotrópicas tanto en animales inmaduros como en mamíferos adultos (Meza, 2008; Gonzalez *et al.*, 2010). En general, cuando todas las reacciones metabólicas necesarias para la reproducción son consideradas, el efecto neto de entradas positivas o negativas puede ser lo suficientemente positivo para inducir un umbral potencial para la despolarización neural que causa la liberación de GnRH. Se ha propuesto que el decremento en la secreción pulsátil de GnRH genera una disminución en la síntesis y liberación de LH por las células gonadotrópicas y que dicho suceso ha sido uno de los principales factores etiológicos para la supresión de la función hipofisaria gonadal inducida nutricionalmente (Meza, 2008).

Por otra parte, niveles insuficientes de proteína en la dieta ocasionan una baja en el peso vivo al igual que en la ganancia diaria de peso, ejerciendo un efecto inhibitorio sobre la síntesis y liberación de LH por parte de los gonadotropos pituitarios. Sin embargo, dicho efecto no se ha observado con respecto a la hormona FSH. Por lo anterior, la concentración proteica en la dieta puede ser un importante modulador de los procesos neuronales que promueven el incremento en los niveles de LH durante la pubertad (Polkowska *et al.*, 2003; Meza, 2008). En el mismo sentido, una subnutrición severa interrumpe la ovulación en las hembras al impedir el funcionamiento del sistema GnRH que rige la producción y secreción de LH con un patrón de alta frecuencia de tal forma que genere un desarrollo folicular hasta el estado preovulatorio, así como el establecimiento de suficientes reservas de LH en pituitaria para su liberación mediante la autorregulación estimuladora de estradiol, generando el pico preovulatorio de LH (Foster, 1994).

De igual forma se conoce que la secreción de GnRH está influenciada por un conjunto de señales metabólicas, tales como glucosa, insulina, leptina y la ghrelina; sin embargo, no pueden operar directamente sobre las neuronas GnRH. Tanto la leptina como la ghrelina participan en relevantes funciones como marcadores del estado nutricional, actuando sobre el sistema nervioso central (SNC) para dar inicio al complejo proceso del establecimiento de la pubertad y mantener una función reproductiva normal en el estado adulto. Al actuar a través del cerebro, estas hormonas pueden servir como una conexión entre el nivel de reservas metabólicas y el sistema reproductivo para aportar y regular las necesidades de energía requeridas para una normal función reproductiva (Fernández *et al.*, 2006; Meza *et al.*, 2009; Roa *et al.*, 2010; Roa *et al.*, 2011).

2.3.3 Efectos generales de la subnutrición sobre la concepción y mantenimiento de la gestación.

El efecto de la alimentación en la reproducción es ampliamente conocido. La nutrición y la reproducción tienen una estrecha relación con el fin asegurar que los nacimientos se presenten en la época en donde la disponibilidad de nutrientes sea la adecuada. Por otra parte, esta relación puede observarse a través del balance de energía; es decir, cuando el consumo de energía es inferior al requerimiento, el animal utiliza sus reservas corporales de energía para cubrir dicha deficiencia. Bajo estas condiciones se dice que el animal se encuentra en balance energético negativo; presentándose generalmente esta situación en los sistemas extensivos de producción caprina en México. Algunos de sus efectos en cuanto al proceso metabólico son la pérdida de peso, reducción de reservas de grasa corporal, pérdida de masa muscular, bajos niveles de insulina, glucosa, leptina y reducido calor metabólico (Scaramuzzy *et al.*, 2006). Sobre la reproducción, el balance energético negativo tiene un efecto similar; en el caso de las hembras puede tener efecto negativo sobre algunas variables como el inicio de la pubertad, la tasa ovulatoria, la fertilidad y la fecundidad (Nieto *et al.*, 2013; 2015). Además, puede

inducir pérdidas embrionarias o abortos en cualquier etapa de la gestación (Mellado *et al.*, 2006) o comprometer el desarrollo de las crías, reflejándose en los indicadores de peso al nacimiento y su desarrollo postnatal (Meyer *et al.*, 2011; Reed *et al.*, 2014). En los machos, puede afectar el inicio de la pubertad, desarrollo testicular y la producción de esperma (Martin *et al.*, 2010).

Se conoce también que el aumento de la tasa de parición, o número de cabritos que nacen en promedio por cada cabra que es sometida a empadre, depende del número de óvulos que son liberados por cada animal, del número total de los que fueron fecundados y del número de ellos que llegan al término de la gestación. Por lo que estos tres factores reflejan de algún modo el estado nutricional de la cabra en las distintas etapas de la gestación (Meyer *et al.*, 2011).

A pesar de conocer que en promedio el número de óvulos liberados en las hembras caprinas suele ser entre 1 a 3; la tasa ovulatoria está fuertemente asociada con el estado metabólico de la cabra en el periodo en que se acerca el momento de la ovulación. Se ha observado que la suplementación de cabras en estado corporal moderadamente bajo se refleja en aumentos en las tasas ovulatorias, aunque la suplementación sea de apenas siete días (Fitz *et al.*, 2009). En hembras que se mantienen en balance energético positivo durante el periodo ovulatorio, eventualmente aumentarán de peso, lo que se verá reflejado en mayores tasas ovulatorias. Sin embargo, el efecto estimulador de la nutrición sobre la foliculogénesis puede ocurrir mucho antes de que se detecte cualquier ganancia de peso, fenómeno conocido como “efecto agudo”; por su parte, el “efecto dinámico” está asociado con incrementos de peso corporal durante la foliculogénesis, mientras que el efecto “estático” se asocia con un elevado peso corporal per se. Ambos efectos se reflejan en una tasa ovulatoria aumentada (Scaramuzzy, 2006).

Por otra parte, al mejorar la condición corporal de las cabras durante el empadre o inmediatamente después de haberlo realizado, tienden a mejorar la tasa de gestación temprana. De igual manera, cabras en baja condición corporal que ganan peso, tiende a mejorar la tasa de gestación; por el contrario, cabras en buena

condición corporal pero que pierden peso, disminuyen su tasa de gestación (Herrero *et al.*, 2011).

El mantenimiento de la gestación hasta que ocurre el nacimiento de una o más crías es un proceso que en la especie caprina se asocia generalmente con un buen estado nutricional y sanitario. Por el contrario, este proceso se ha visto interrumpido en cualquiera de sus etapas por la influencia de agentes infecciosos. Sin embargo en caprinos con problemas de desnutrición como se presenta generalmente en rebaños bajo sistemas extensivos de producción, localizados en zonas áridas y semiáridas; el alto porcentaje de abortos que se registran, no están asociados con la presencia de agentes infecciosos como causa desencadenante (Mellado & Pastor, 2006). Existen evidencias que indican que estos abortos no infecciosos son causados principalmente por deficiencias nutricionales, particularmente en lo que corresponde a deficientes consumos de energía (Hussain *et al.*, 1996). De igual manera, se ha argumentado que bajo condiciones climáticas poco favorables y estresantes para el animal, como los cambios abruptos de temperatura acompañados de lluvia o heladas, pueden potencializar el efecto de la sub- nutrición y sumados a esta condición provocar el aborto (Romero *et al.*, 2003). El porcentaje de abortos registrados en las regiones áridas y semiáridas del centro y norte de México oscila entre el 30 a 70%, ocasionando grandes pérdidas a la caprinocultura (Mellado & Pastor, 2006; Urrutia *et al.*, 2012).

El aborto se puede presentar en cualquier momento de la gestación. Si este suceso ocurre dentro de los primeros 30 a 35 días de gestación se consideran como pérdidas embrionarias tempranas, las cuales a menudo pasan desapercibidas por el productor. Se conoce también, que las cabras son por lo general sensibles a sufrir este tipo de pérdidas, en especial debido a una mala condición corporal al inicio de la gestación. Se ha observado que a los 30 días posterior a la monta, los índices de gestación son entre 30 y 40% menores en cabras en baja condición corporal, comparado con aquellas en condición corporal moderadamente buena (Herrero *et al.*, 2011).

Los abortos a diferencia de las pérdidas embrionarias tempranas se refieren a la interrupción de la gestación en periodo más avanzado de preñez. Al igual como que ocurre con las pérdidas embrionarias tempranas, las cabras también son muy susceptibles a abortar, tanto por restricción nutricional, como por estrés calórico. Factores desencadenantes que se pueden observar generalmente bajo condiciones de pastoreo extensivo, siendo un problema que está estrechamente relacionado con la disponibilidad de forraje en los agostaderos. Asimismo, se ha determinado que las cabras con gestaciones múltiples tienen mayores probabilidades de abortar, debido a que el estrés nutricional se intensifica en estas condiciones (Mellado & Pastor, 2006).

Mediante un programa de suplementación que beneficie al mantenimiento de una condición corporal moderadamente buena (entre 2.5 y 3.0) a lo largo de toda la gestación tiende a reducir el número de cabras que abortan, especialmente cuando el empadre se realiza entre diciembre y febrero, debido a que las condiciones de los agostaderos en ocasiones son extremadamente pobres durante estos meses, reduciendo gradualmente la condición corporal de las cabras; al mismo tiempo que sus requerimientos se incrementan por efecto de la propia gestación. Bajo este panorama, la alimentación merece un especial cuidado durante el final de la gestación, ya que en este periodo las cabras son altamente susceptible a abortar, debido al rápido crecimiento del feto; lo que demanda una gran cantidad de nutrientes, reduciendo al mismo tiempo la capacidad de ingesta de la cabra (Mellado *et al.*, 2004).

III. HIPÒTESIS

El estrés nutricional en cabras genera una disfunción lútea afectando de esta forma la tasa de gestación en cabras inducidas a ovular durante el anestro estacional.

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Determinar el efecto del estrés nutricional sobre la tasa de gestación y función lútea post-servicio en cabras durante el anestro estacional.

4.2 Objetivos específicos

- Caracterizar la función lútea durante los primeros 30 días post- servicio.
- Establecer la tasa de gestación a los 45 días post-servicio.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Ubicación

Esta investigación se llevó a cabo en el campus Amazcala de la Facultad de Ciencias Naturales, de la Universidad Autónoma de Querétaro, ubicado en el municipio del Marqués en el estado de Querétaro con coordenadas geográficas 20° 42' 19.36" Norte y 100°15' 34.43" Oeste, una altitud de 1920 metros sobre el nivel del mar, una temperatura y precipitación media anual de 15°C y 570 mm respectivamente (INEGI, 2006).

5.2 Unidades experimentales

Se utilizaron 35 hembras caprinas primaras de la raza Nubia (18) y Alpina (17), en buen estado nutricional (Índice de Masa Corporal ≥ 8.0) y clínicamente sanas; al igual que 4 machos cabríos (2 de cada una de las razas mencionadas anteriormente).

5.3 Manejo

Esta investigación se llevó a cabo entre los meses de febrero y junio de 2017. Se dividió en dos fases: 1° Selección y 2° Preparación de las unidades experimentales. En la primera fase se identificaron las hembras primaras de las razas Nubia y Alpina, con un peso, edad e índice de masa corporal similar entre las mismas, como criterio de selección para su posterior distribución entre los grupos. Durante la fase de preparación, que concluyó en abril, se suministró una dieta integral formulada para cubrir el 100% de los requerimientos nutricionales para esta especie animal (NRC, 2007). Al terminar este periodo, las cabras fueron distribuidas de manera aleatoria en dos grupos experimentales, en uno de estos se indujo un estrés nutricional temporal (Grupo EN, n=18, suministro de 50% del consumo

voluntario promedio de la dieta integral durante la fase de preparación, entre 2 días pre-servicio y 30 post-servicio), y un grupo control (Grupo CT, n=17, suministro a libre consumo de la dieta integral formulada para cubrir el 100% de los requerimientos nutricionales). Previo al inicio de la inducción del estrés nutricional, se realizó la lectura de comederos de forma individualizada, para determinar la cantidad de alimento correspondiente al 100% del consumo voluntario promedio individual. Asimismo, durante el periodo experimental se colectaron muestras del alimento ofrecido y rechazado para que, a partir de un análisis químico proximal, fuera posible estimar el porcentaje real de restricción por nutriente.

Para proporcionar servicio a las hembras, éstas se sometieron a un protocolo mediante dispositivos intravaginales CIDR's, los cuales fueron retirados 10 días posteriores a su introducción aplicando al mismo tiempo 250 U.I. de eCG i.m. [Folligon, INTERVET] y 7 mg de PF2 α (Lutalyse). Al estro inducido, se proporcionaron montas controladas por machos fértiles asegurando dos servicios por hembra con un mismo macho.

5.4 Tasa de gestación y función lútea post-servicio

La tasa de gestación se determinó por ultrasonografía transrectal a los 30 y 45 días post-servicio. La caracterización de la función lútea post-servicio se hizo mediante la determinación por RIA de las concentraciones plasmáticas de progesterona en muestras colectadas en tubos vacutainer con EDTA, durante los 30 días posteriores al servicio, cada día durante los primeros 10 días y posteriormente cada 3 días. Las muestras fueron congeladas a -20 °C hasta su evaluación mediante radioinmunoanálisis (RIA).

5.5 Determinación Análisis Químico Proximal (AQP) de la dieta integral

Se obtuvieron 99 muestras en materia húmeda de la dieta integral que se suministró durante el periodo experimental, tanto al grupo CT como al grupo EN.

Estas muestras correspondieron 33 al rechazo de grupo CT (RCT), 33 rechazo grupo EN (REN), 33 ofrecida (OFR).

El análisis químico proximal se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Autónoma de Querétaro. Se determinó materia seca (MS) por método de Secado (AOAC, 2002) con 2 estufas de secado RIOS.ROCHA S.A.® modelo HS41 a 100°C y una estufa de secado a 65°C con recirculación de aire Carbolite®; proteína cruda (PC) por método de Kjeldahl (AOAC, 2002) con un Digestor para proteína BÜCHI K-436® y la Unidad de destilación B-324 BÜCHI®; fibra detergente neutra (FDN) por método Van Soest (Robertson y Van Soest, 1981), fibra detergente ácida (FDA) por método Van Soest (Robertson y Van Soest, 1981) y Fibra Cruda (FC) por método de bolsas filtrantes (AOAC, 2002) por medio del equipo Digestor de Fibra ANKOM® 200 analizador de fibra y una estufa de secado con recirculación de aire Carbolite®; extracto etéreo (EE) por método extracción con éter (AOAC, 2002) con un Extractor de grasa BÜCHI 810 Soxhelt® y cenizas por método de incineración (AOAC, 2002) con una mufla marca Lindberg Industrias Sola Basic®.

5.6 Variables de respuesta

Las variables de respuestas que se consideraron en este estudio fueron:

- ✓ Peso e IMC inicial y final durante el periodo experimental.
- ✓ Tasa de gestación a los 45 días post-servicio.
- ✓ Concentración promedio de progesterona (P4 Med): Valor medio de progesterona en ng/mL durante la fase lútea o en animales gestantes durante el periodo de muestreo.
- ✓ Concentración máxima de progesterona (P4 Max): Valor máximo de progesterona en ng/mL durante la fase lútea o en animales gestantes durante el periodo de muestreo.

- ✓ Concentración mínima de progesterona (P4 Min): Valor mínimo de progesterona en ng/mL durante la fase lútea o en animales gestantes durante el periodo de muestreo.
- ✓ Tiempo para inicio de la fase lútea (TIFL): Días entre el día del estro/servicio y el inicio de la fase lútea (valores ≥ 0.5 ng/ml de progesterona plasmática en al menos 2 muestras consecutivas).
- ✓ Incidencia de fases lúteas cortas (FLC): Número de animales que presentaron una fase lútea con duración < 8 días, del total de animales no gestantes.

5.7 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante análisis de varianza (ANDEVA) para un diseño completamente al azar considerando como factores al grupo de tratamiento (GPO), raza (RZA), estado gestacional (DXG) y sus dobles interacciones. La tasa de gestación fue evaluada mediante regresión logística considerando los factores de GPO, RZA y su interacción.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La determinación del análisis químico proximal de la dieta integral suministrada, arrojó los datos contenidos en el Cuadro 1; en éste se puede observar el porcentaje de consumo de cada uno de los componentes nutricionales en el grupo EN con respecto al grupo CT; siendo 48.5% el promedio de restricción total inducida.

Cuadro 1. Consumo diario de componentes de la dieta integral en cabras CT y EN.

Componentes	Consumo real	CT	EN	(%) Restricción Nutricional EN
		(Kg/día)	(Kg/día)	
Materia Seca (MS)		1.460	0.710	48.5
Fibra Detergente Neutro (FDN)		0.668	0.324	48.4
Fibra Detergente Ácida (FDA)		0.372	0.181	48.7
Lignina Detergente Ácida (LDA)		0.085	0.042	49.0
Proteína Cruda (PC)		0.223	0.108	48.4
Extracto Etéreo (EE)		0.035	0.017	48.0
Restricción total				48.5

En la Figura 3 se observa que no hubo diferencia ($P = 0.4$) para la variable peso inicial entre los grupos EN y CT. Por el contrario, sí hubo diferencia ($P = 0.03$) para la variable peso final. En cuanto al cambio de peso durante el periodo experimental, éste se mantuvo prácticamente sin cambios en el grupo EN y aumentó 6.4 kg en el grupo CT. El aumento de peso en las cabras del grupo CT, se debió a que la dieta suministrada fue capaz de cubrir el 100% de sus requerimientos para mantenimiento y desarrollo, pues los animales se encontraban en esa etapa fisiológica. En contraste, el mantenimiento de peso en las cabras del grupo EN,

refleja que su desarrollo fue comprometido debido al estrés nutricional al que fueron sometidos, sin que éste fuera tan severo como para ocasionar pérdida de peso. Por otra parte, podríamos suponer que esta variable puede verse aún más afectada bajo condiciones extensivas de producción, dependiendo de la época del año y de las condiciones medioambientales en las que se encuentre el rebaño. Por otra parte, visto desde la relación nutrición – reproducción, el balance energético del animal juega un papel fundamental; es decir, cuando el consumo de energía es menor al requerimiento, el animal utiliza sus reservas corporales de energía para cubrir dicha deficiencia. Bajo estas condiciones se afirma que el animal se encuentra en balance energético negativo; presentándose comúnmente esta situación en cabras en los sistemas extensivos de producción en México. Algunas de las consecuencias metabólicas son la pérdida de peso, reducción de reservas de grasa corporal, pérdida de masa muscular, bajos niveles de insulina, glucosa y leptina (Scaramuzzy *et al.*, 2006)

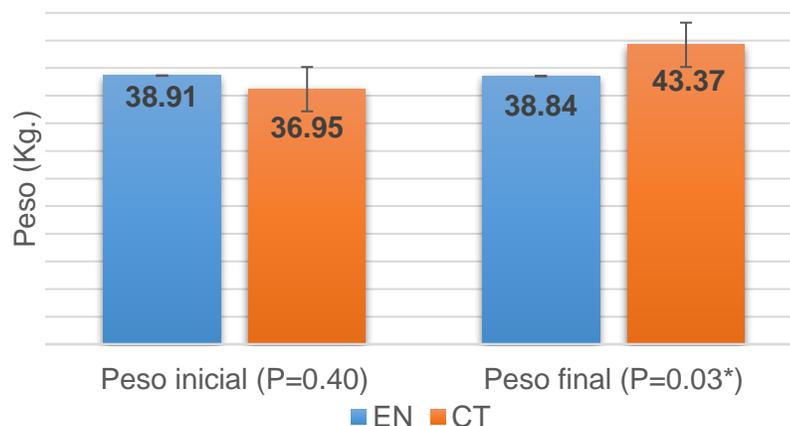


Figura 3. Peso inicial y final en cabras EN y CT.

Con el Índice de Masa Corporal (IMC), que nos refleja la composición corporal e indirectamente la cantidad de energía corporal almacenada, observamos algo similar que, con el peso vivo, Figura 4; no hay diferencias entre tratamientos al inicio, pero si al final del periodo experimental, con un mayor IMC en el grupo CT

($P= 0.002$). Al analizar el cambio de IMC, se observa que éste disminuyó en el grupo EN y se mantuvo en el grupo CT; esta diferencia entre grupos podría explicarse en el sentido de que los animales del grupo EN continuaron parcialmente su desarrollo a costa de usar sus reservas corporales de energía mientras que el grupo CT no. Esta disminución se debe a que el animal tuvo una respuesta de adaptación a la condición de estrés nutricional, lo que indica que el animal entró en un balance energético negativo, haciendo uso de sus reservas de energía. Ante esta situación se pueden presentar algunos efectos en la reproducción; en el caso de las hembras puede tener efecto negativo sobre algunas variables como el inicio de la pubertad, la tasa ovulatoria, la fertilidad y la fecundidad (Rhind *et al.*, 1985; Scaramuzzi *et al.*, 2006; Rosales Nieto *et al.*, 2015).

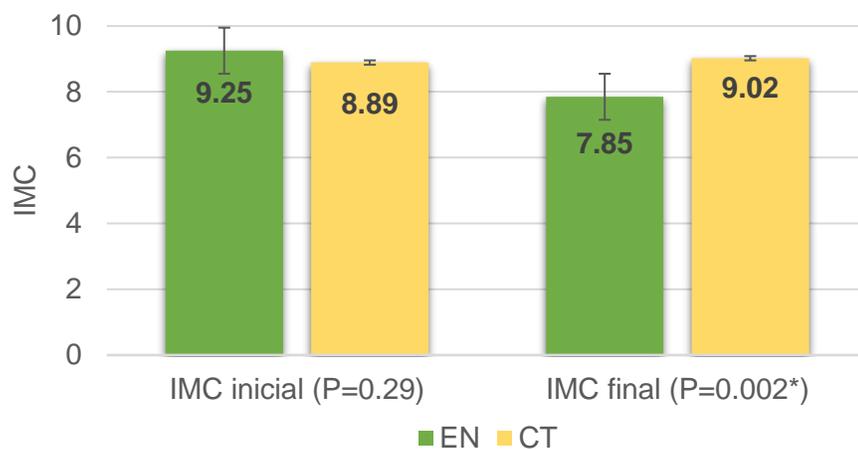


Figura 4. IMC inicial y final en cabras EN y CT.

Mediante el análisis de regresión logística se encontró un efecto muy notorio de tratamiento ($P= 0.006$) y de raza ($P= 0.06$), más no de la interacción entre estos factores sobre la tasa de gestación.

En la Figura 5 se muestra la tasa de gestación de los grupos experimentales, alcanzando mejores resultados el grupo CT con un 94.1% vs 55.6% en el grupo EN ($P=0.006$). Si bien se puede sospechar que la condición de estrés nutricional puede ocasionar bajas tasas de gestación, no hay muchos estudios que demuestren cuál

es su efecto a corto plazo sobre la gestación temprana. Sin embargo, existen estudios en caprinos que sugieren que restricciones nutricionales moderadas previas al empadre no influyen sobre la tasa de gestación (Goonewardene *et al.*,1997). De igual manera, se ha encontrado también en cabras con condición corporal de 2.5 a 3.5, que restricciones en el consumo de energía (50 días) previos y (26 días) post-servicio, pueden provocar una disminución entre un 30 y 40% en los porcentajes de gestación temprana; al igual que la restricción de energía/proteína (35 y 50% de restricción pre- y post-servicio) (Espinosa *et al.*, 2001).

Por otra parte, estos resultados concuerdan con los obtenidos por Herrero *et al.* (2011), quienes observaron una disminución de 13.3 puntos porcentuales en cabras adultas sometidas a un 50 % de restricción en el consumo de alimento diario, aún y cuando tenían un IMC alto. Cabe resaltar que, en el estudio de Herrero y colaboradores, los estros no fueron inducidos, pues el trabajo se realizó durante la etapa final de la estación reproductiva. En el presente trabajo, los estros fueron inducidos hormonalmente ya que se realizó durante la etapa de anestro estacional. Asimismo, con un protocolo de restricción similar al de Herrero *et al.* (2011), se provocó una disminución mucho mayor en la tasa de gestación; -38.5 puntos porcentuales en EN vs CT. Este efecto potencializado del estrés nutricional sobre la tasa de gestación durante la etapa de anestro, podría estar reflejando una interacción de dicho factor con la estación reproductiva, aunque esto no se demuestra experimentalmente en el presente trabajo.

De igual forma, se conoce que el nivel de nutrición puede afectar el rendimiento reproductivo de los animales, sin embargo, la demanda de nutrientes para el proceso de ovulación, fertilización y gestación temprana son pequeñas y se logran fácilmente, por lo que para una hembra la decisión de ovular o no ovular tiene pocas consecuencias inmediatas (Martin & Walkden-Brown,1995). En sistemas de producción extensivos y semi-intensivos desarrollados en zonas áridas y semi-áridas, es común encontrar tasas de gestación alrededor de 45% (Mellado *et al.*,

1996), por lo que este porcentaje no refleja un problema en el proceso de concepción y capacidad del animal de quedar gestante; la cual oscila entre un (80 a 95% de la concepción post-servicio), sino más bien es el resultado de alteraciones de la gestación en diferentes momentos (Vera *et al.*, 2013). Por otra parte, en caprinos aún no es muy clara la información que se encuentra, relacionada con el efecto que tiene la condición nutricional sobre el mantenimiento de la gestación temprana (Goonewardene *et al.*, 1997; Espinosa *et al.*, 2001). En base a lo anterior, y a los hallazgos obtenidos en este experimento, se puede pensar que, probablemente el proceso que se vio afectado fue el del mantenimiento de la gestación y no el de concepción.

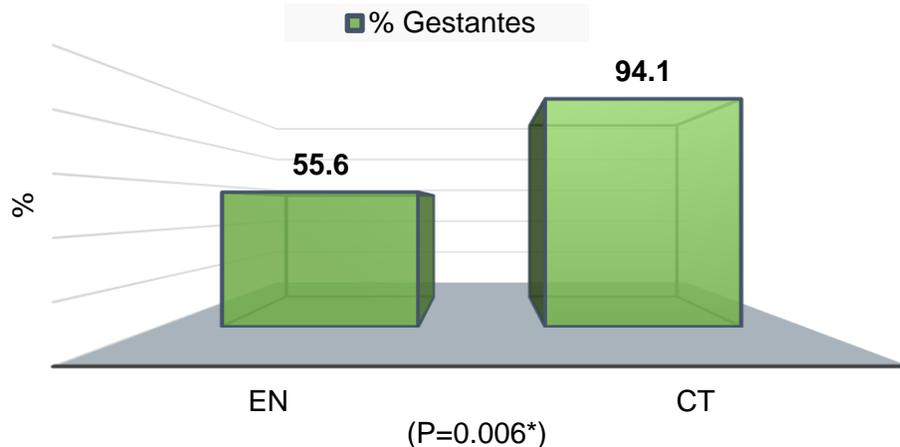


Figura 5. Tasa de gestación en cabras EN y CT.

En el grupo CT la única hembra que resultó vacía, presentó aparentemente un estro sin ovulación y más o menos alrededor del día 11 a 14 post-servicio hubo evidencia de función lútea sin poder precisar con exactitud el inicio de la misma. En el caso del grupo EN hubo una cabra que presentó estro y un día posterior a éste tenía elevada las concentraciones circulantes de P4, manteniendo esta condición durante 4 días consecutivos; posterior a esto se mantuvo sin una aparente función lútea hasta el día 11 a 12 post-servicio. En ambos casos se consideró a estos dos animales como atípicos excluyéndolos del cálculo de la variable **TIFL**.

Se realizó un análisis descriptivo para la variable **FLC**, al no poder realizar una comparación entre los grupos experimentales.

Mediante el análisis de varianza para las variables concentración mínima (Mín), media (Med) y máxima (Máx) de P4, se observó que hubo efecto del estado gestacional sobre Med y de raza sobre Máx.

Para la concentración Med de P4 hubo una significancia ($P= 0.03$) obteniendo valores mayores las hembras gestantes comparado con las hembras vacías (1.51 vs 1.04 ng/mL), Figura 6; siendo éste un resultado razonable en términos fisiológicos, debido a que el embrión implantado tiene un efecto luteotrópico que favorece su producción, fundamental en la gestación para que el funcionamiento uterino sea adecuado tanto en su establecimiento como para el mantenimiento (Spencer & Bazer, 2004^a).

Por su parte, Cheminau *et al.* (1982) encontraron durante el ciclo estral que la concentración de P4 puede variar de acuerdo a la cantidad de cuerpos lúteos o tejido lúteo y probablemente a la raza del animal; al igual que Jarrel & Dziuk (1991), quienes encontraron durante el inicio de la gestación, concentraciones de P4 más altas en cabras que tenían un mayor número de cuerpos lúteos. Aunque la variable cantidad y tamaño de cuerpo lúteo no fueron evaluadas en nuestro caso; se conoce también en ovejas, que el nivel de P4 se relaciona con el tamaño de los cuerpos lúteos, encontrando una mayor concentración de esta hormona en animales con mayor cantidad de tejido lúteo (Kelly *et al.*, 1984).

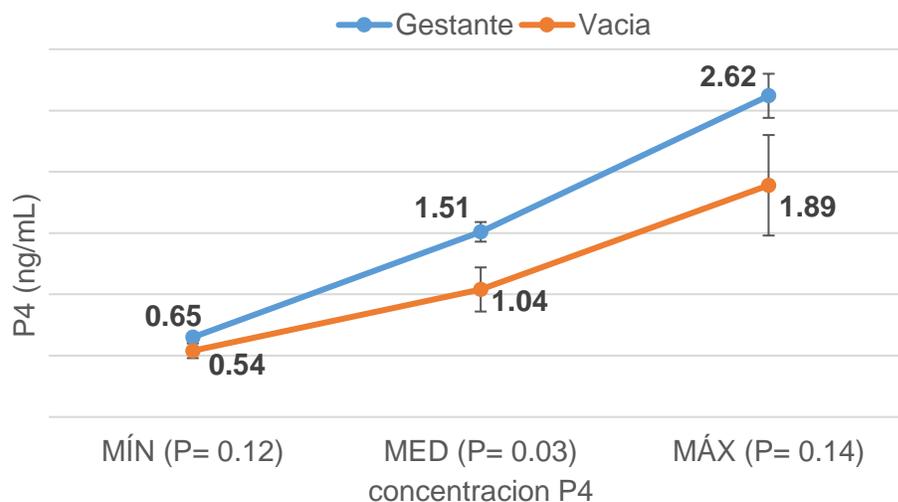


Figura 6. Comparación de las Concentraciones Mín, Med y Máx de P4, durante la fase lútea entre hembras gestantes y vacías.

Para valores de concentraciones Mín y Med de P4, no hubo efecto de GPO, DXG ni de la interacción GPO x RZA ($P > 0.05$), sin embargo, los valores Máx de P4 tendieron ($P = 0.06$) a ser mayores en la raza Alpina Francesa (AP) comparado con la Nubia (NB) (2.57 vs. 1.94 ng/mL, respectivamente; Figura 7); a su vez la tasa de gestación tendió a ser mayor (88.2 vs 61.1% en AP y NB, $P = 0.06$). Se observa también que los valores de concentración Máx de P4 registrada en este experimento fue menor que la publicada por (Ruíz *et al.*, 2002), quienes encontraron concentraciones máximas de la hormona de 8 ng/mL en cabras criollas y 4.53 ng/mL durante la fase lútea del ciclo estral de la cabra Alpina (Chemineau *et al.*, 1982). Sin embargo, aparentemente no hay trabajos que comparen en un mismo contexto el efecto de raza, por lo que los datos no son estrictamente comparables con nuestros hallazgos.

De igual forma, Leyva *et al.*, (1995) afirman que el nivel de P4 está influenciado por el factor de la raza del animal; encontrando que, los resultados durante el ciclo estral de la cabra nativa venezolana, fueron ligeramente superior para la concentración máxima de la hormona, con respecto a los de las cabras

Alpina x Nubia x Nativa; siendo esta información de gran interés debido a que las cabras nativas se mantienen generalmente bajo sistemas de producción o condiciones más desfavorables que aquellas razas que son introducidas. En contraste Ruíz *et al.* (2002), al estudiar la concentración de P4 durante el ciclo estral de cabras criollas y Nubia x Saanen bajo las mismas condiciones de manejo, determinaron que la P4 varió ($P < 0.05$) de acuerdo a la fase lútea pero no se manifiesta significativamente entre los grupos genéticos; al igual que los resultados obtenidos por El-Hommosy *et al.* (1991) en Egipto, donde se encontraron en promedio 2.4 y 1.4 ng/mL de P4 durante el ciclo estral de cabras Baladi y Anglo Nubias, respectivamente.

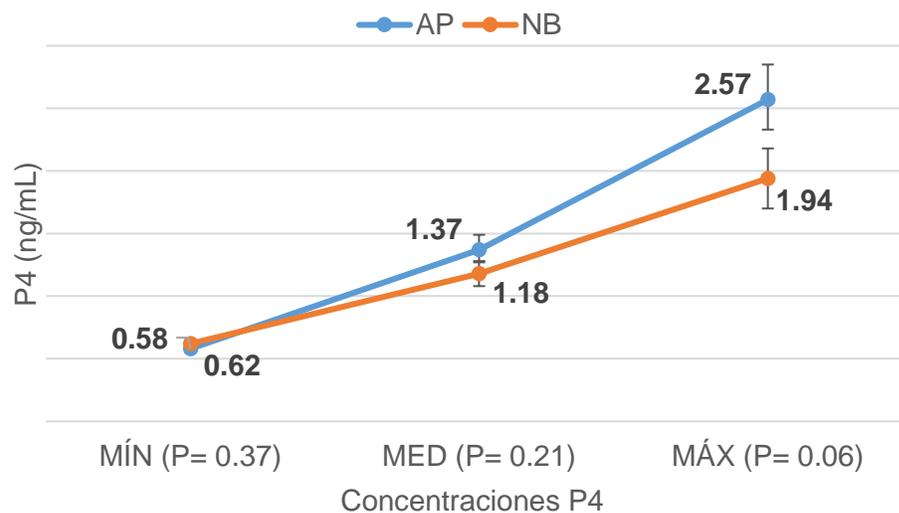


Figura 7. Comparación de las Concentraciones Mín, Med y Máx de P4 durante la fase lútea entre animales AP y NB.

El análisis de varianza para la variable **TIFL**, arrojó una tendencia del factor DXG ($P= 0.07$), encontrando valores de 5.71 días en animales vacíos vs. 3.86 días a inicio de la fase lútea. Estos resultados sugieren que la situación de no gestación puede estar aparentemente asociada a un retraso en el inicio de la fase lútea; lo que estaría acorde a nuestra hipótesis de que se está presentando una disfunción lútea. De igual forma, en bovinos productores de leche se ha determinado que el

momento del inicio funcional de la fase lútea es muy importante para la sobrevivencia embrionaria temprana, por lo que inicios prematuros o tardíos afectan esta sobrevivencia (Stronge *et al.*, 2005).

Por otra parte, Herrero y colaboradores en 2011 indicaron que independientemente del patrón de consumo de alimento post-servicio, las cabras con índice de masa corporal alto presentaron un inicio de fase lútea más temprano en comparación con las de índice de masa corporal bajo (2.9 vs 3.3 días post-servicio), condición que independientemente de los tratamientos experimentales también se observó en los animales que quedaron gestantes vs vacías (2.9 vs 3.5 días post servicio).

Para la variable FLC se encontró que, del total de cabras no gestantes el 11.1% (1 cabra de 9) presentaron fase lútea corta Figura 8. Resultados similares fueron obtenidos por Herrero *et al.*, 2011, quienes reportaron 13.3% de incidencia de fases lúteas cortas de acuerdo al total de cabras experimentales, aunque en este caso influenciada por la interacción de los factores de índice de masa corporal x el patrón de consumo diario de alimento. Asimismo, en cabras al igual que en otros rumiantes domésticos, se ha demostrado que la condición nutricional influye sobre el proceso de desarrollo folicular (Viñoles *et al.*, 2005; Aboelmaaty *et al.*, 2008) y también sobre la capacidad de secreción uterina de PGF2 α en el caso de los ovinos (Lozano *et al.*, 2003). Por lo que se podría pensar que, en conjunto estos efectos podrían estar relacionados con la incidencia de fase lútea corta que presentó la hembra bajo condiciones de estrés nutricional en este trabajo.

Aunque esta investigación se llevó a cabo durante la época de anestro estacional y los estros fueron inducidos mediante un protocolo convencional con dispositivos CIDR's; se ha observado que la presentación de fases lúteas cortas es común en cabras anovulatorias inducidas a ovular a partir del efecto macho y se considera que es consecuencia de la ovulación de un folículo de calidad deficiente que determina una capacidad lútea disminuida y luteólisis prematura (Chemineau *et al.*, 2006). En contraste, se obtuvo 29.1% de incidencia de fases lúteas cortas en

cabras de genotipos estacionales dentro de estación reproductiva/ovulatoria (Rivera *et al.*, 2011). De igual forma, en genotipos de baja estacionalidad y bajo condiciones tropicales se ha observado la ocurrencia de ciclos estrales de corta duración (15% de ciclos con duración < 17 días) (Cerbito *et al.*, 1995). Asimismo, Rondina *et al.* (2005) observaron en cabras ciclando después de una restricción nutricional de 9 semanas, una mayor incidencia de ciclos estrales de duración larga y corta (<17 o >25 días).

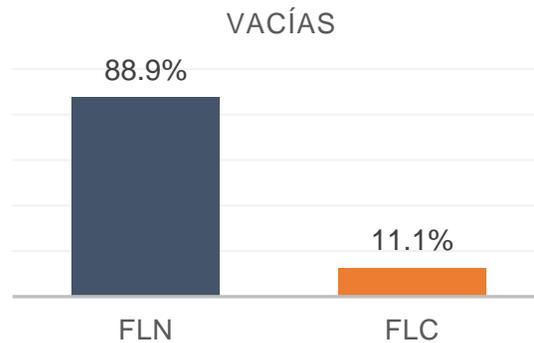


Figura 8. Incidencia de fases lúteas normales (FLN > 8 días) vs. Fases lúteas cortas (FLC ≤ 8 días), sobre el total de hembras no gestantes.

VI. CONCLUSIONES

El estrés nutricional provocado a partir de la restricción en el consumo de alimento durante el periodo post-servicio temprano tiene un efecto negativo marcado sobre la tasa de gestación en cabras que fueron inducidas a ovular durante el periodo de anestro estacional; muy probablemente, por causa de una disfunción lútea representada como un retraso en el inicio de la fase lútea.

Estos resultados sugieren que, se podría estar reflejando una interacción del factor nutricional con la estacionalidad reproductiva, y aunque esto no se demuestre experimentalmente en el presente trabajo, sería un aspecto interesante a evaluar más a fondo en próximas investigaciones.

Por otra parte, resulta de gran importancia el poder diseñar estrategias de alimentación que contribuyan al mejoramiento del desempeño reproductivo; más aún cuando los animales se encuentran en anestro estacional y bajo sistemas extensivos de producción.

VII. LITERATURA CITADA

- Aboelmaaty, M.A., Mansour, M.M., Ezzo, H.O., Hamam, M.A. (2008). Some Reproductive and Metabolic Responses to Food Restriction and Re-Feeding in Egyptian Native Goats. *Global Veterinaria*; 5:225-232.
- Aréchiga, F.C., Aguilera, J.I., Rincón, R.M., Mendez de Lara, S., Bañuelos, V.R., Meza, C.A. (2008). Role and perspectives of goat production in a global world. *Tropical and Subtropical Agroecosistem*; 9:1-14.
- Association of Official Analytical Chemists (A.O.A.C.) (2000). "Official Methods of Analysis". Association of Official Analytical Chemists inc. Washington, D.C., E.U.A.
- Bronson, F.H. & Manning, J. (1988). Food, energy expenditure and puberty in female rats. Proceedings of the Eleventh International Congress on Animal Reproduction & Artificial Insemination (Dublin) 5: 110- 116.
- Cerbito, W.A., Natural, N.G., Aglibut, F.B., Sato, K. (1995). Evidence of ovulation in goats (*Capra hircus*) with short estrous cycle and its occurrence in the tropics. *Theriogenology*; 43:803-812.
- Cheminaeu, P.D., Gauthier, J.C., Poirer, J. Saumande (1982). Plasma levels of LH, FSH, Prolactin, Oestradiol 17 b and progesterone during natural and induced oestrus in dairy goat. *Theriogenology*; 17 (2):313-323.
- Chemineau, P.D., Pellicer, R.M.T., Lassoued, N., Khaldi, G., Monniaux, D. (2006). Induced short oestrous and ovarian cycles in sheep and goats: a working hypothesis. *Reprod.Nutr.Dev.*; 46:417-429.
- Claypool, L.E., Foster, D.L. (1990). Sexual differentiation of the mechanism controlling pulsatile secretion of luteinizing hormone contributes to sexual differences in the timing of puberty in sheep. *Endocrinology*; 126:1206–1215.
- Cueto, M.I., Gibbons, A.E., Abad, M. (2000). Reproducción en caprinos. Grupo de reproducción area de producción animal – INTA Bariloche. Disponible en: http://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-reproduccion_en_caprinos.pdf. [Consultado el 10/sep/16].
- Dunn, T.G., Moss, G.E. (1992). Effects of nutrient deficiencies and excesses on reproductive efficiency of livestock. *J. Anim. Sci.*; 70:1580-1593.

- Duarte, G., Flores, J.A., Malpaux, B., Delgadillo, J.A. (2008). Reproductive seasonality in female goats adapted to a subtropical environment persists independently of food availability. *Domest Anim Endocrinol*; 35:362-370.
- Ebling, J.F. (2005). The neuroendocrine timing of puberty. *Reprod.*; 129:675–683.
- El-Hommosy, F. F., Salem, I.A., Allam, F., Salem, A. A. (1991). Ovarian hormones throughout the oestrus cycle in goats under upper Egypt conditions. *Assiut Vet. Med. J.*; 25 (1): 46-52.
- Espinosa, C.H.S., Mora, I.O., Villa, G.A., Vera, A.H. (2001). Consumo de aminos fenólicas bajo condiciones de restricción nutricional en cabras: Efecto sobre la tasa de gestación y desarrollo embrionario temprano. XXXVII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria, Chiapas, México. 2001; p.28.
- Estrada, C.E., Vera, H.R., Urrutia, M.J., Villagomez, M.E., Jiménez, S.H., Mejía, C.A., Rivera, M.T., Gamez, H.G. (2009). Nutritional status influences reproductive seasonality in Creole goats: 1. Ovarian activity during seasonal reproductive transitions. *Anim. Reprod. Sci.*; 116(3):282-290.
- Evans, G. & Maxwell, W. (1990). Inseminación artificial de ovejas y cabras. Zaragoza: ACRIBIA, ISBN: 84-200-0675-0.
- Fernández, F.R., Martini, A.C., Navarro, V.M., Castellano, J.M., Dieguez, C., Aguilar, E., Pinilla, L., Tena-Sempere, M. (2006). Novel signals for the integration of energy balance and reproduction. *Mol. Cell. Endocrinol.*; 25:127-132.
- Fitz, G., De Santiago-Miramontes, M.A., Scaramuzzi, R.J., Malpaux, B., Delgadillo, J.A. (2009). Nutritional supplementation improves ovulation and pregnancy rates in female goats managed under natural grazing conditions and exposed to the male effect. *Anim. Reprod. Sci.*; 116:85-94.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2008). Obtenido de división estadística (FAOSTAT). Disponible en: <http://faostat.fao.org>. [Consultado el 03/sep/16].
- Foster, D.L., Ebling, F.J.P., Vannerson, L.A., Bucholtz, D.C., Wood, R.I., Micka, A.F., Suttie, J.M., Veenvliet, B.A. (1988). Modulation of gonadotrophin secretion during development by nutrition and growth. Proceedings of the Eleventh International Congress on Animal Reproduction & Artificial Insemination (Dublin) 5: 101-108.
- Foster, D.L. (1994). Puberty in the sheep. In: Knobil, E., Neil, J.D. (Eds.), *The Physiology of Reproduction*. Raven Press, Ltd., New York, pp. 411–447.

- Gonzalez, A., Meza, C.A., Rekik, M., Ben Salem, H., Kridli, R.T. (2010). Limiting factors and strategies for improving reproductive outputs of small ruminants reared in semi-arid environments. In: *Semi-arid environments: Agriculture, water supply and vegetation*.
- Goonewardene, L.A., Whitmore, W., Jaeger, S., Borchert, T., Okine, E., Ashmawy O., Edmond S. (1997). Effect of prebreeding maintenance diet on subsequent reproduction by artificial insemination in Alpine and Saanen goats. *Theriogenology*; 48:151-159.
- Herrero, S.I.M., Vera, A.H.R., Jiménez, S.H., Castañeda, R.V., Montiel, O.L.J., Huerta, L.C., Villagómez, M.E., López, D.E. P., Espinoza, M.M.A., Montoya, F.M.D., Villa, G. A. (2011). Efecto de la condición pre y post-nutricional sobre la gestación temprana en caprinos. XXVI Reunión Nacional sobre Caprinocultura, Querétaro, Qro, México.
- Horwitz, W. & Association of Official Analytical Chemists (AOAC) International (2002). "Official methods of analysis of AOAC International". Gaithersburg, Md. 17. ed.
- Hussain, Q., Havrevoll, O., Eik, L.O., Ropstad, E. (1996). Effect of energy intake on plasma glucose, non-esterified fatty acids and acetoacetate concentration in pregnant goats. *Small Ruminant Research*; 21:89-96.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) (2006). Ganado caprino y ovino. México.
- Jarrell, V.L. & Dziuk, P.J. (1991). Effect of number of corpora lutea and fetuses on concentrations of progesterone in blood of goats. *J. Anim. Sci.*; 69 (3):770-773.
- Kelly, R.W., Owens, J.L., Crosbie, D.F., McNatty, K.P., Hudson, N. (1984). Influence of Booroola merino genotype on the responsiveness of ewes to pregnant mare serum gonadotrophin, luteal tissue weights and peripheral progesterone concentrations. *Anim. Reprod. Sci.*; 6:199-207.
- Kusina, N.T., Tarwirei, F., Hamudikuwanda, H., Agumba, G., Mukwena, J. (2000). A comparison of the effects of progesterone sponges and ear implants, PGF2alpha, and their combination on efficacy of estrus synchronization and fertility of Mashona goat does. *Theriogenology*; 53:1567–1580.
- Leyva, H., Munro, C., Stabenfeldt, G. H. (1995). Serum LH, FSH, estradiol 17b and progesterone profiles of native and crossbred goats in a tropical semiarid zone of Venezuela during the estrous cycle. *Anim. Reprod. Sci.*; 39 (1):49-52.

- Lozano, M.J., Lonergan, P., Boland, P.M., Callaghan, O.D. (2003). Influence of nutrition on the effectiveness of superovulation programmes in ewes: effect on oocyte quality and post-fertilization development. *Reproduction*; 125:543-553.
- Martin, G.B. (1984). Factors affecting the secretion of luteinizing hormone in the ewe. *Biological Reviews* 59: 1-87.
- Martin, G.B., & Walkden-Brown, S.W. (1995). Nutritional influences on reproduction in mature male sheep and goats. *Journal of Reproduction & Fertility Supplement*; 49: 437-449.
- Mellado, M., Foote, R.H., Gómez, A. (1991). Reproductive efficiency of Nubian goats throughout the year in northern Mexico. *Small Ruminant Res*; 6:151-156.
- Mellado, M., & Pastor, J. (2006). Aborto no infeccioso en caprinos. *Ci Anim Bras*; 7:167-175.
- Mellado, M., Rodríguez, A., Olvera, A., Villarreal, J.A., López, R. (2004). Diets of Nubian and Granadina goats grazing on arid rangeland. *J. Range Manag.* 57:630-634.
- Mellado, M., & Valdéz, R. (1997). Synchronization of estrus in goats under range conditions treated with different doses of new or recycled norgestomet implants in two seasons. *Small Ruminant Res*; 25:155-160.
- Mellado, M., Valdéz, R., Lara, L.M., García, J.E. (2004). Risk factors involved in conception, abortion, and kidding rates of goats under extensive conditions. *Small Rumin Res*; 55:191-198.
- Meyer, A.M., Reed, J.J., Neville, T.L., Thorson, J.F., Maddock-Carlin, K.R., Taylor, J.B., Reynolds, L.P., Redmer, D.A., Luther, J.S., Hammer, C.J., Vonnahme, K.A., Caton, J.S. (2011). Nutritional plane and selenium supply during gestation affect yield and nutrient composition of colostrum and milk in primiparous ewes. *J. Anim. Sci.*; 89:1627-1639.
- Meza, H.C.A. (2008). Mecanismos reguladores de la pubertad en la cabra: Actualización de Algunos Conceptos. *Tropic. and Subtropic. Agroecosyst.*; 9:29–38.
- Meza, H.C.A., Gonzalez, B.A., Kridli, R.T., Mellado, M., Arechiga, F.C.F., Salinas, H., Luginbuhl, J.M. (2009). Neuroendocrine, metabolic and genomic cues signalling the onset of puberty in females. *Reprod. Dom. Anim.*; 10: 67-68.

- Morales, J.U., Nieto, C.A.R., Martin, G.B. (2016). Estrategias de alimentación de hembras y machos caprinos para lograr mejores índices reproductivos. Octavo congreso Internacional de Borregos y la Cabras (CIBO). Disponible en:
http://www.borrego.com.mx/descargas/estrategias_de_alimentacion_de_machos_y_hembras_para_lograr_mejores_indices_reproductivos.pdf.
 [Consultado: 23 marzo de 2017].
- Motlomelo, K.C., Greyling, J.P.C., Schwalbach, L.M.J. (2002). Synchronisation of estrus in goats: the use of different progestagen treatments. *Small Ruminant Res*; 45:45-49.
- Nutrient Requirements for small ruminants (NRC) (2007). National Research Council. The National Academy Press, Washington, D.C., U.S.A.
- Ojeda, S.R., Roth, C., Mungenast, A., Heger, S., Mastronardi, C., Parent, A.S., Lomniczi, A., Jung, H. (2006). Neuroendocrine mechanisms controlling female puberty: new approaches, new concepts. *Int. J. Androl.*; 29:286-290.
- Oliveira, M.A.L., Guido, S.I., Lima, P.F. (2001). Comparison of different protocols used to induce and synchronize estrus cycle of Saanen goats. *Small Ruminant Res*; 40:149-153.
- Polkowska, J., Lerrant, Y., Wankowska, M., Wojcik- Gladysz, A., Starzec, A., Counis, R. (2003). The effect of dietary protein restriction on the secretion of LH and FSH in pre-pubertal female lambs. *Anim. Reprod. Sci.*; 76:53-56.
- Rabasa, A., Fernández, J., Saldaño, S. (2001). Parámetros reproductivos de una majada caprina con manejo tradicional en el Dpto. Río Hondo (Sgo. del Estero, Argentina). *Zoot. Trop.*; 19:81-87.
- Ramírez, A., & Ducoing, W. (2010). Producción caprina: Aspectos reproductivos en el ganado caprino. Centro de Enseñanza Practica e Investigación en Producción y Salud Animal (cepipsa). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México disponible en: http://amaltea.fmvz.unam.mx/textos/escrito_repro.pdf [Consultado: 23 marzo de 2017].
- Reed, S.A., Raja, J.S., Hoffman, M.L., Zinn, S.A., Govoni, K.E. (2014). Poor maternal nutrition inhibits muscle development in ovine offspring. *Journal of Animal Science and Biotechnology*; 5:43.
- Rhind, S.M., Leslie, I.D., Gunn, R.G., Doney, J.M. (1985). Plasma FSH, LH, prolactin and progesterone profiles of Cheviot ewes with different levels of intake

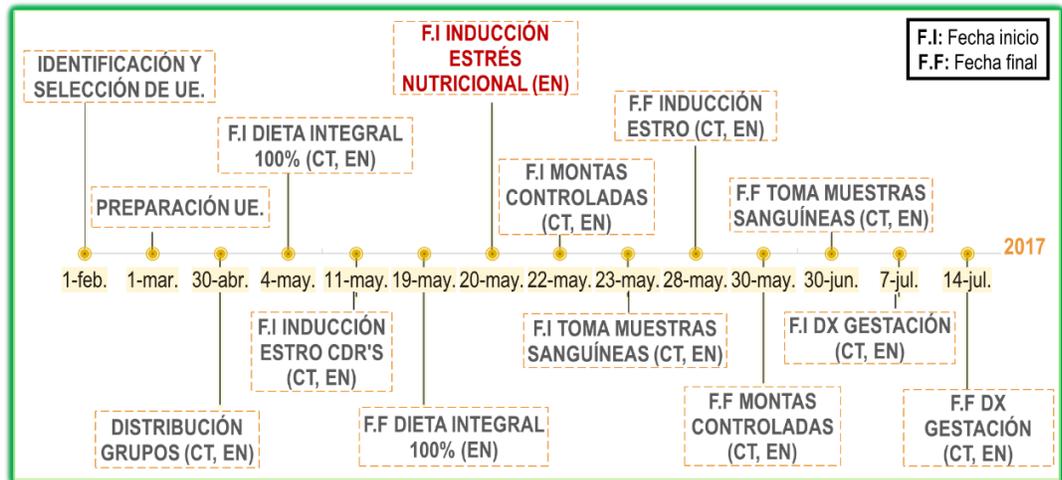
- before and after mating, and associated effects on reproductive performance. *Animal Reproduction Science*; 8: 301-313.
- Rivera, L.M.T., Díaz, G.M.O., Urrutia, M.J., Vera, A.H.R., Gamez, V.H., Amezcua, M.E.V., Aréchiga, F.C.F., Escobar, M.F.J. (2011). Variación estacional de la actividad ovulatoria de cabras Nubia x Criolla en condiciones de fotoperiodo tropical (22° N). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*; 14:973-980.
- Roa, J., García, D., Castellano, J.M., Gaytan, F., Pinilla, L., Tena-Sempere, M. (2010). Metabolic control of puberty onset: New players, new mechanisms. *Molecular and Cellular Endocrinology*; 324: 87–94.
- Roa, J., Navarro, V.M., Tena-Sempere, M. (2011). Kisspeptins in reproductive biology: consensus knowledge and recent developments. *Biol. Reprod.* 85: 650–660.
- Robertson, J.B., Van Soest, P.J. (1981). The detergent system of analysis. In: James, W.P.T., Theander, O. (Eds.), *The Analysis of Dietary Fibre in Food*. Marcel Dekker, NY, Chapter 9, pp. 123–158.
- Romano, J.E. (2004). Synchronization of estrus using CIDR, FGA or MAP intravaginal pessaries during the breeding season in Nubian goats. *Small Ruminant Res*; 55:15-19.
- Romero, R.C.M., Flores, G.J.C., García, L.G., Villar, R.D., Haro, M.G., Xolalpa, C.V.M. (2003). Participación de la brucelosis en el aborto caprino: I. Evaluación en sistemas extensivos de la Mixteca alta oaxaqueña. *Revista Latinoamericana de Pequeños Rumiantes*; 2:36-46.
- Rondina, D., Freitas, V.J.F., Spinaci, M., Galeati, G. (2005). Effect of Nutrition on Plasma Progesterone Levels, Metabolic Parameters and Small Follicles Development in Unstimulated Goats Reared Under Constant Photoperiod Regimen. *Reprod. Dom. Anim.*; 40:548-552.
- Rosales, C.A., Ferguson, M.B., Macleay, C.A., Briegel, J.R., Martin, G.B., Thompson, A.N. (2013). Selection for superior growth advances the onset of puberty and increases reproductive performance in ewe lambs. *Animal*; 7:990-997.
- Rosales, C.A., Ferguson, M.B., Thompson, H., Briegel, J.R., Macleay, C.A., Martin, G.B., Thompson, A.N. (2015). Relationships among Puberty, Muscle and Fat, and Liveweight Gain during Mating in Young Female Sheep. *Reproduction in Domestic Animals*; 50:637-642.

- Ruíz, R.A., Peralta, C.J., Escobar, M.F., Rincón, D.R., de la Colina, F.F. (2002). Caracterización de la función lútea en el ciclo estral de la cabra criolla y nubia x saanen. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*; 3 (1):67-71.
- Scaramuzzi, R.J., Campbell, B.K., Downing, J.A., Kendall, N.R., Khalid, M., Muñoz, G.M., Somchit, A. (2006). A review of the effects of supplementary nutrition in the ewe on the concentrations of reproductive and metabolic hormones and the mechanisms that regulate folliculogenesis and ovulation rate. *Reprod., Fertility and Develop.*; 46:1-16.
- Scaramuzzi, R.J., Campbell, B.K., Downing, J.A., Kendall, N.R., Khalid, M., Muñoz, G.M., Somchit, A. (2006). A review of the effects of supplementary nutrition in the ewe on the concentrations of reproductive and metabolic hormones and the mechanisms that regulate folliculogenesis and ovulation rate. *Reprod. Nutr. Dev.*; 46:339-354.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Censo nacional pecuario (SAGARPA) (2008). Disponible en: <http://sagarpa.gob.mx>. [Consultado el 28/ago/16].
- Silva, E., Galina, M., Palma, J.M., Valencia, J. (1998). Reproductive performance of Alpine dairy goats in a semi-arid environment of México under a continuous breeding system. *Small Ruminant Res.*; 27: 79-84.
- Sistema de Información Agrícola y Pesquera (SIAP) (2010). Disponible en: <http://www.sagarpa.gov.mx>. [Consultado el 28/ago/16].
- Spencer, E.T., Bazer, W.F. (2004^a). Conceptus signals for establishment and maintenance of pregnancy. *Reproductive Biology and Endocrinology*; 2:49-64.
- Stronge, A.J.H., Sreenan, J.M., Diskin, M.G., Mee, J.F., Kenny, D.A., Morris, D.G. (2005). Postinsemination milk progesterone concentration and embryo survival in dairy cows. *Theriogenology*; 64:1212-1224.
- Suttie, J.M., Kostyo, J.L., Ebling, F.J., Wood, R.I., Bucholtz, D.C., Skottner, A., Adel, T.E., Towns, R.J., Foster, D.L. (1998). Metabolic interfases between growth and reproduction. IV. Chronic pulsatile administration of growth hormone and the timing of puberty in sheep. *Endocrinology*; 129:2024-2032.
- Urrutia, J., Meza, C.A., Tello, L., Díaz, M.O., Beltrán, S. (2012). Effect of nutritional supplementation upon pregnancy rates of goats under semiarid rangelands and exposed to the male effect. *Tropical Animal Health and Production*; 44:1473-1477.

- 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.*; 10:10-16.
- Valasi, I., Menegatos, I., Papanikolaou, Th., Goulas, P., Amiridis, G.S. (2006). Oocyte pick-up in juvenile lambs affects neither onset of puberty nor their future fertility. *Theriogenology*; 66: 2144–2151.
- Vera, A.H.R. (2011). Expresión de la estacionalidad reproductiva en los caprinos de granja: influencia de la condición nutricional. Memorias XXVI Reunión Nacional sobre Caprinocultura, Querétaro, Qro., México.
- Vera, A.H.R., Urrutia, M.J., Espinosa, M.M.A., Estrada, C.E., Jiménez, S.H. (2013). Nutrición, estacionalidad reproductiva y mantenimiento de la gestación en caprinos. Libro técnico Núm. 21. INIFAP - CENID Fisiología y Mejoramiento Animal. Ajuchitlán, Querétaro, México.
- Viñoles, C., Forsberg, M., Martin, G.B., Cajarville, C., Repetto, J., Meikle, A. (2005). Short-term nutritional supplementation of ewes in low body condition affects follicle development due to an increase in glucose and metabolic hormones. *Reproduction*; 129:299-309.
- Wheaton, E.J., Carlson, M.K., Windels, F.H., Johnston, J.L. (1993). CIDR: A new progesterone-releasing intravaginal device for induction of estrus and cycle control in sheep and goats. *Anim Reprod Sci.*; 33:127-141.
- Zarazaga, L.A., Guzmán, J.L., Domínguez, C., Pérez, M.C., Prieto, R. (2004). Effect of plane of nutrition on seasonality of reproduction in Spanish Payoya goats. *Anim. Reprod. Sci.*; 1-15.

VIII. ANEXOS

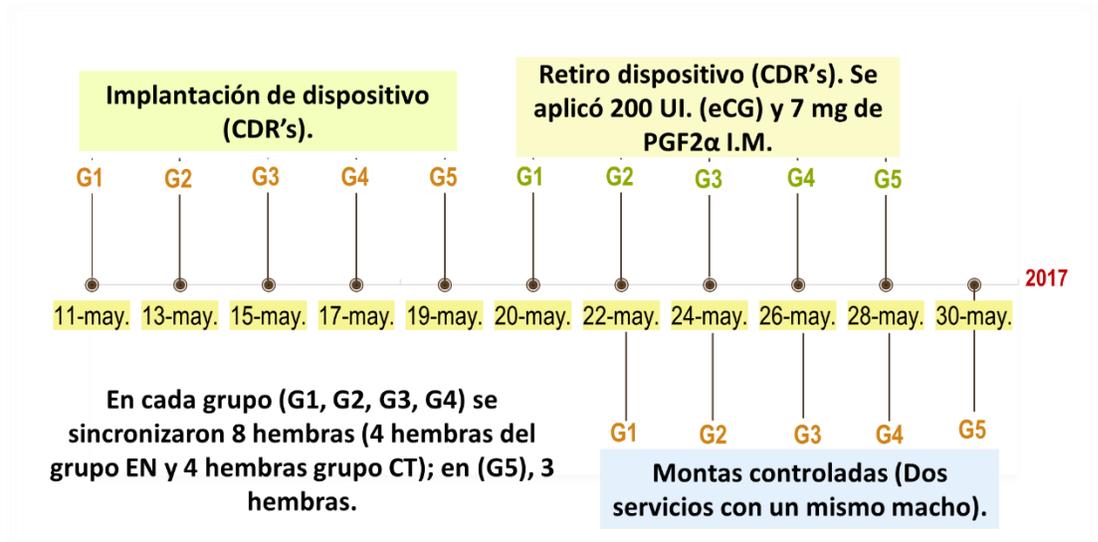
Anexo 1. Manejo de las unidades experimentales.



Anexo 2. Composición y aporte nutricional de la dieta integral (1 ton):

Componentes:		Aporte:
400 Kg. Alfalfa	37.5%	1.70 Mcal EN
235 Kg. Maíz molido	22.1%	8% Ca
200 Kg. Rastrojo	18.8%	3.5% P
100 Kg. Soya	9.4%	16% Pc
60 Kg. Melaza	5.6%	
50 Kg. Salvado de trigo	4.7%	
20 Kg. Minerales	1.9%	

Anexo 3. Proceso de Inducción el Estro.



Anexo 4. Proceso de Inducción del Estrés Nutricional

