

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL



Efecto de la condición corporal sobre: diámetro y volumen de estructuras ováricas, respuesta estral y reproductiva de cabras multirraciales en sistema semi-extensivo

Por:

**FRANCISCO JAVIER VALENCIA SALAZAR**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Torreón, Coahuila, México.

Octubre. 2022.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Efecto de la condición corporal sobre: diámetro y volumen de  
estructuras ováricas, respuesta estral y reproductiva de cabras  
multirraciales en sistema semi-extensivo

Por:

**FRANCISCO JAVIER VALENCIA SALAZAR**

TESIS

Que se somete a la consideración del H. jurado examinador como requisito parcial  
para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Aprobada por:

Dra. Ma. de los Angeles de Santiago

Miramontes

Presidente

Dr. Francisco Gerardo Véliz Deras

Vocal

Dr. Jorge Arturo Bustamante Andrade

Vocal externo

T. D. 11-2.

Dr. Fernando Arellano Rodríguez

Vocal suplente

M.V.Z. José Luis Francisco Sandoval Elías  
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México. Octubre, 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Efecto de la condición corporal sobre: diámetro y volumen de  
estructuras ováricas, respuesta estral y reproductiva de cabras  
multirraciales en sistema semi-extensivo

Por:

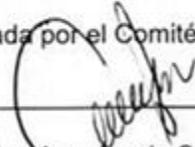
**FRANCISCO JAVIER VALENCIA SALAZAR**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

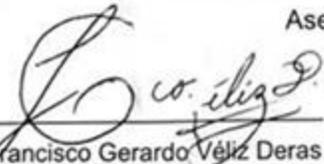
**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

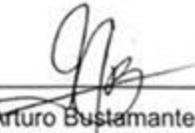
  
\_\_\_\_\_

Dra. Ma. De los Angeles de Santiago Miramontes

Asesor principal

  
\_\_\_\_\_

Dr. Francisco Gerardo Véliz Deras  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_

Dr. Jorge Arturo Bustamante Andrade  
Coasesor externo

  
\_\_\_\_\_

M.V.Z. José Luis Francisco Sandoval Elías  
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México. Octubre, 2022

## **AGRADECIMIENTOS**

Le agradezco primeramente a **Dios** por dejarme llegar a este punto de mi vida donde puedo llegar a obtener un logro que de pequeño solo era un sueño. A la **Dra. María de los Ángeles de Santiago Miramontes** por apoyarme dentro y fuera de la escuela, por ser más que solo una maestra, y estar para todo lo que se me dificultara.

**A mis amigos** con los cuales pasamos adversidades dentro y fuera de la universidad, cosas buenas, cosas malas, pero toda una carrera llena de experiencias.

A **todos los maestros** los cuales siempre estuvieron para borrar esas dudas de mi mente y que gracias a ellos aprendí muchísimas cosas.

A mi **ALMA TERRA MATER** la cual fue la base de mis estudios y la escuela la cual formo a alguien con mano de obra profesional, la cual hizo posible el sueño de aquel niño que era el ser Médico Veterinario y Zootecnista, por darme los conocimientos para ser un hombre con una de las profesiones más bellas de este mundo.

**Y agradezco a todas aquellas personas que no menciono en este apartado, pero siempre me apoyaron.**

## DEDICATORIAS

A **Lázaro Alberto Valencia Rivera y Norma Salazar Rangel**, más que mis padres, mis confidentes y el motor de mi vida, gracias a ellos soy todo lo que soy pues sé que sus regaños fueron para hacerme un hombre de bien, un hombre hecho y derecho, ya que sin ellos no hubiera podido lograr lo que estoy alcanzando el día de hoy, que este logro se hizo a base de muchos desvelos y sacrificios por su parte por todo eso y más los amo con todo mi corazón.

A **Abril Ramírez Chávez** mi novia la cual nunca me permitió declinar en mi carrera, la persona por la cual muchas veces seguir dentro de la universidad cuando pensaba que ya no podía dar más era la persona que siempre me impulso a nunca dejar trabajos a medias y hasta el día de hoy es la persona que me motiva día a día a ser una mejor persona.

A mis hermanos **Lázaro, Wendy, Mayra** que, aunque fuera un poco distante siempre estuvieron al pendiente de mis estudios, y siempre me aconsejaron de concluirlos.

A **Víctor Hugo Becerra Tapia** que a pesar de todo siempre continuamos apoyándonos, aun sabiendo que tal vez no saldrán las cosas bien pero nunca nos dejamos solos.

A **Cesar Vázquez Hernández** el cual desde que tome la decisión de presentar mi examen para ingresar me acompañó y puso presión en todo momento para que hiciera lo mejor que pudiera.

**Estoy eternamente agradecido por apoyarme y ayudarme a concluir esta parte de mi vida.**

## RESUMEN

el objetivo del presente estudio fue comparar el diámetro y volumen de las estructuras ováricas, así como la respuesta estral, ovulatoria y reproductiva de dos grupos de cabras multirraciales en sistema semi-extensivo con diferente condición corporal, expuestas a machos sexualmente activos en el periodo de transición a la estación sexual en el noreste árido de México. El estudio se realizó en la Comarca Lagunera, zona agroecológica en el Norte árido de México ( $25^{\circ} 47' \text{ LN}$ ,  $103^{\circ} 21' \text{ LO}$ , altitud= 1111 msnm). Todas las cabras se alimentaban bajo el sistema de pastoreo semi-extensivo. De un rebaño de cabras multirraciales (mezcla de Alpina, Saanen Toggenburg y Nubia principalmente;  $n=153$ ) se seleccionaron 48 hembras múltiparas, en sistema de producción semi-extensivo, diagnosticadas como no gestantes mediante ultrasonografía transrectal.

Se eligieron 48 hembras con los dos extremos de condición corporal (CC) en el hato y se formaron 2 grupos con nomenclatura referente a dicha CC, considerando una escala de 1 (emaciada) a 4 (obesa). El primer grupo (HBCG; más alta condición corporal;  $2.5 \pm 0.9$   $n=22$  y el segundo grupo LBCG; más baja condición corporal;  $1.0 \pm 0.2$   $n=26$ ). Se utilizaron 2 machos cabríos adultos multirraciales (con condición corporal de 2.5. Los machos fueron aislados 21 días antes del inicio del experimento y fueron tratados hormonalmente mediante la administración de testosterona por vía intramuscular a dosis de 50 mg cada tercer día durante los 21 días previos al empadre. El 23 de mayo de 2021 se le administraron 20 mg de progesterona por vía intramuscular a cada hembra de ambos grupos para reducir la presentación de ciclos cortos. Las variables registradas fueron: Conducta estral, latencia al estro, duración del estro (h) y la latencia estro-ovulación, y la proporción de ciclos cortos. Desarrollo folicular y ovulación, categoría de folículos (tamaño), proporción de hembras que ovularon y la tasa ovulatoria, tipo de ovulación (simple, doble, triple y cuádruple). El diámetro de los folículos (pequeño, mediano y grande) no mostró diferencia estadística entre los grupos experimentales, observándose un promedio entre éstos  $24.5 \pm 0.05$ ,  $10 \pm 0.05$ , y  $38.5 \pm 0.2$  respectivamente.

Se registró una diferencia estadística significativa favorable al HBGC en el volumen folicular  $P < 0.05$ , y en las características de los cuerpos lúteos en donde se puede apreciar diferencia estadística en la proporción de hembras que ovularon, el número de cuerpos lúteos, la tasa ovulatoria, el diámetro de los cuerpos lúteos y el volumen del tejido luteal. En las variables de respuesta estral: hembras que presentaron estro (%), latencia al estro, duración del estro, latencia del estro a la ovulación, proporción de ciclos cortos y en las variables de: cabras con ovulación simple, doble, triple y cuádruple no hubo diferencia estadística ( $p > 0.05$ ) entre los dos grupos experimentales. Sin embargo, en las variables: hembras que ovularon, número de cuerpos lúteos, tasa ovulatoria, diámetro de cuerpos lúteos y volumen de tejido luteal se registró una significativa diferencia estadística ( $P < 0.01$ ). Estos resultados permiten concluir que el estado nutricional de los caprinos manejados en un sistema semi-extensivo es notable para el despliegue de conductas estrales en las hembras y por ende para el incremento del diámetro y volumen de las estructuras ováricas (folículos y cuerpos lúteos).

**Palabras clave:** Estructuras ováricas, Sistema semi-extensivo, Cuerpos lúteos, Respuesta estral, Machos cabríos

# ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>i</b>
<b>DEDICATORIAS.....</b>	<b>ii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>iii</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 El ciclo estral de la cabra.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1.1 Regulación endocrina del ciclo estral.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Estructuras ováricas.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2.1 Foliculogenesis.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2.2 Luteogenesis.....</b>	<b>7</b>
<b>2.3 Efecto de la condición corporal sobre las estructuras ováricas.....</b>	<b>8</b>
<b>OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>10</b>
<b>OBJETIVO ESPECÍFICO.....</b>	<b>10</b>
<b>HIPÓTESIS.....</b>	<b>10</b>
<b>III. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Descripción de la ubicación y condiciones ambientales.....</b>	<b>11</b>
<b>3.2 Animales y su manejo.....</b>	<b>11</b>
<b>3.3 Tratamientos.....</b>	<b>12</b>
<b>3.4 Variables registradas.....</b>	<b>12</b>
<b>3.4.1 Conducta estral.....</b>	<b>12</b>
<b>3.4.2 Desarrollo folicular y ovulación.....</b>	<b>12</b>
<b>3.5 Análisis estadístico.....</b>	<b>13</b>
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>13</b>
<b>4.1 Estructuras ováricas.....</b>	<b>13</b>
<b>4.2 Conducta estral y ovulatoria.....</b>	<b>14</b>
<b>V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>15</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>17</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>18</b>

## Índice de cuadros

<b>Cuadro 1:</b> Morfología y clasificación de los folículos ováricos.....	6
<b>Cuadro 2:</b> Tamaño de folículos.....	14
<b>Cuadro 3:</b> Variables.....	15

## I. INTRODUCCIÓN

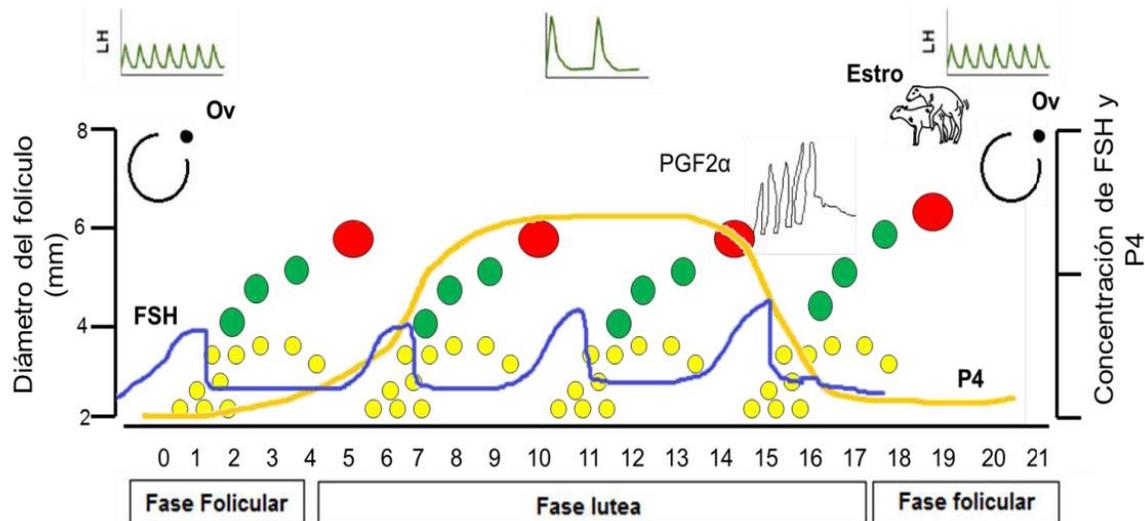
La caprinocultura es una actividad de suma importancia para una fracción de la población rural en mayor medida, ya que contribuye a percibir ingresos para cubrir sus necesidades básicas. Esta actividad es una de las actividades primarias más importantes en la Comarca Lagunera que es una región geográfica y agroecológica en el Norte árido de México que cuenta con un inventario superior a las 390 mil cabezas de caprinos (SIAP 2021) cuenta con cabras multirraciales en su mayoría, derivadas de una mezcla de razas lecheras, principalmente Saanen, Alpino, Toggenburg y Nubia y ocupa el primer lugar en producción de leche a nivel nacional (Escareño et al., 2013; Isidro-Requejo et al., 2019; Navarrete-Molina et al., 2020). El sistema de producción predominante en esta región del país es el semi-extensivo sedentario, con pastoreo diurno y confinamiento nocturno. Es común observar importantes fluctuaciones en el peso y condición corporal (CC) a lo largo del año debido a que siendo una zona semi-árida es frecuente la inestabilidad en la disponibilidad de vegetación nativa y residuos de cosecha, lo que repercute en fluctuaciones en la fertilidad y la eficiencia reproductiva. Las hembras en esta zona del país experimentan un periodo de anestro profundo de marzo a mayo y una estación sexual que inicia en agosto y termina en febrero; con una etapa de transición reproductiva de junio a julio (Carrillo et al., 2010; Contreras-Villarreal et al., 2015; Alvarado-Espino et al., 2016). Con el objetivo de contrarrestar este efecto se han empleado diversas estrategias artificiales y naturales para romper el anestro estacional, como inducir y sincronizar la actividad sexual de las hembras, mediante la introducción repentina de un macho, fenómeno socio-sexual al cual se le denomina “efecto macho, para óptimos resultados los machos deben mostrar un intenso comportamiento sexual (Véliz et al., 2006). La fertilidad en estos hatos caprinos se ve afectada por el estado nutricional de machos y hembras y que se refleja en la condición corporal, teniendo este rasgo, vital importancia al momento del empadre. Mellado, 2008 sostiene que las cabras con una condición corporal deficiente si “responden” al estímulo de los machos cabríos, aunque dicha respuesta

sea más tardía e inferior en porcentaje a la observada en cabras con una condición corporal mayor. Asimismo, es conocido que (Zarazaga et al., 2005) que la nutrición es un factor fundamental en la duración de la estación de reproducción, las características de los ciclos estrales y la tasa de ovulación, lo cual fue también reportado en esta latitud (26°N) con cabras multirraciales por De Santiago-Miramontes et al., 2009. Por otra parte, en cabras con baja condición corporal, una suplementación alimenticia de tan sólo 7 días demostró ser un factor importante, ya que la respuesta estral y ovulatoria mejoró en aquellas que la recibieron (De Santiago-Miramontes et al., 2008). Tomando en cuenta que la tasa ovulatoria es un parámetro que favorece el número de crías por cabra empadrada, (Meza-Herrera et al., 2007) se ha propuesto que una adecuada condición corporal de las hembras puede promover un perfil endocrino que estimule la síntesis y/o liberación de gonadotropinas (LH y FSH). Dichas características nutricionales pueden generar modificaciones en la sensibilidad del ovario a ciertas influencias endocrinas que favorecen una mayor tasa ovulatoria, y cambios anatómicos y fisiológicos de las estructuras ováricas (folículos y cuerpos lúteos). Sería interesante investigar si las cabras que poseen una mayor condición corporal muestran un mayor diámetro y volumen de las estructuras ováricas (folículos y cuerpos lúteos), así como registrar algunos parámetros reproductivos de esta casta racial de cabras. Con base en lo anterior, el objetivo del presente estudio fue comparar el diámetro y volumen de las estructuras ováricas, así como la respuesta estral, ovulatoria y reproductiva de dos grupos de cabras multirraciales en sistema semi-extensivo con diferente condición corporal, expuestas a machos sexualmente activos en el periodo de transición a la estación sexual en el noreste árido de México.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 El ciclo estral de la cabra

La cabra es considerada poliéstrica estacional (Fatet *et al.*, 2011) es decir, de no quedar gestante, manifiesta varios ciclos estrales durante la estación reproductiva, y una temporada en la que no se presentan estros ni ovulaciones (Rivera-Lozano *et al.*, 2011). El ciclo estral es un proceso fisiológico con una duración promedio de 21 días, y se divide en dos fases: folicular y lútea (Driancourt, 2001; Medan *et al.*, 2003). La fase folicular se subdivide en dos etapas, proestro y estro. El proestro inicia a partir de la lisis (promovida por la prostaglandina  $F_2\alpha$ ) del cuerpo lúteo del ciclo anterior; este se caracteriza por una disminución en la secreción de progesterona ( $P_4$ ) y por un rápido crecimiento folicular e incremento en la secreción de estradiol por los folículos (Bartlewski *et al.*, 2011; Medan *et al.*, 2003). El estro es el periodo de receptividad sexual, la cual puede variar según la raza, edad, estación del año, etc. (Fatet *et al.*, 2011). Después de la ovulación, sobreviene la fase lútea, que se subdivide en metaestro y diestro (Fatet *et al.*, 2011). El metaestro puede durar entre 2 y 5 días. En este momento, inicia la formación del cuerpo lúteo bajo la influencia de la LH (Fatet *et al.*, 2011). El diestro tiene una duración promedio de 12 días, y se caracteriza por la presencia del cuerpo lúteo funcional, el cual secreta progesterona (Medan *et al.*, 2003). En caso de que ocurra la fecundación, el cuerpo lúteo persiste manteniendo elevadas las concentraciones plasmáticas de progesterona y por lo tanto la gestación.



**Figura 1. Fases del ciclo estral y dinámica folicular. Reclutamiento (verde), selección (amarillo), dominancia (rojo) y ovulación (Ov). Basado de: Driancourt, 2000; Medan *et al.*, 2005; Fatet *et al.*, 2011; Forde *et al.*, 2011; Rosales-Torres y Guzmán-Sánchez, 2012.**

### 2.1.1 Regulación endocrina del ciclo estral

La reproducción en los mamíferos está regulada por el eje hipotálamo-hipófisis-gónadas también llamado eje gonadotrópico, el cual depende de la interacción del hipotálamo, que sintetiza y libera GnRH; la adenohipófisis que secreta la hormona FSH y LH; y las gónadas que sintetizan las hormonas esteroideas, además de producir los gametos (Pinilla *et al.*, 2012). En la hembra, el cuerpo lúteo del ovario secreta progesterona y oxitocina, mientras que en el folículo se producen estradiol e inhibina, además, es importante mencionar las prostaglandinas  $F_{2\alpha}$  (PGF $_{2\alpha}$ ), que se sintetizan en el útero (Forde *et al.*, 2011). Estos componentes del eje gonadotrópico están conectados a través de circuitos de retroalimentación estimulante o inhibitoria, donde la GnRH hipotalámica estimula la secreción de gonadotropinas hipofisiarias, que, a su vez, promueven la maduración y función de las gónadas que secretan hormonas esteroideas, las cuales, dependiendo de la etapa del ciclo estral, estimulan o suprimen la secreción de gonadotropinas (Pinilla *et al.*, 2010). Cuando no existe gestación, la oxitocina del cuerpo lúteo estimula la producción de PGF $_{2\alpha}$

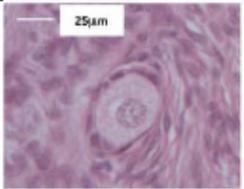
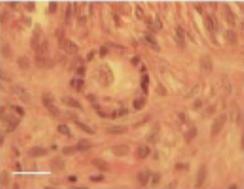
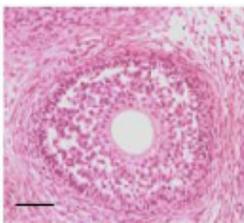
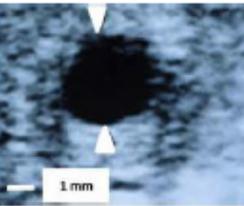
del útero, provocando su regresión, con lo que se inicia un nuevo ciclo estral (Scaramuzzi *et al.*, 1993).

## **2.2 Estructuras ováricas**

La anatomía, fisiología y endocrinología correctas de las estructuras ováricas; folículos y cuerpos lúteos son fundamentales para el éxito en la gestación. Del conjunto de folículos primordiales presentes en los ovarios desde el nacimiento, gradualmente pequeños folículos inician el crecimiento (Cuadro 1). El mecanismo que controla este inicio de crecimiento folicular es desconocido, y parece involucrar una compleja interacción de factores genéticos, orgánicos y medioambientales. El proceso de crecimiento folicular es continuo e independiente de la fase del ciclo estral (McNeilly *et al.*, 1991; Uribe *et al.*, 2008). Una vez iniciado, el folículo se desarrollará desde su estado primordial (100  $\mu\text{m}$ ) hasta la ovulación (mayor que 5 mm en la oveja) o en la mayoría de ellos hasta su atresia. Los folículos ovulatorios pues, iniciarán su crecimiento durante la estación anestril, aproximadamente 180 días antes del inicio de la nueva estación reproductiva (Campbell *et al.*, 1995; Cahill y Mauleon, 1980). Se ha reportado en experimentos realizados con ovejas que una mayor tasa de ovulación puede ser atribuida a una mayor cantidad de folículos dominantes al momento de la ovulación (Cahill *et al.*, 1979).

El cuerpo lúteo (CL) es una glándula transitoria productora de progesterona, se forma a partir de las células del folículo ovulatorio (la teca y granulosa). La  $P_4$  es la hormona que regula la duración del ciclo estral y suprime la ovulación, con lo cual se reduce la función cíclica (Rodgers *et al.*, 1988). Pero en las hembras preñadas mantiene la gestación, proporcionando al embrión las condiciones uterinas adecuadas para su desarrollo y el de la glándula mamaria (Niswender *et al.*, 2000).

Cuadro 1. Morfología y clasificación de los folículos ováricos.

Imagen de los folículos	Clasificación del folículo	Descripción
	Primordial	Ovocito rodeado por células aplanadas (pre-granulosa)
	Primario	Ovocito rodeado por una capa de células cuboidales (granulosa). Se inicia la formación de la zona pelúcida
	Preantral (secundario)	Ovocito rodeado por múltiples capas de células de la granulosa. Se forma la zona pelúcida. Comienza la diferenciación de las células de la teca
 (Visto con ultrasonido)	Antral (de Graff)	El ovocito está rodeado por múltiples células de la granulosa y las células de la teca se diferencian. Se forma una cavidad central llena de líquido (Antro)

Adaptado de: Picton, 2000 y Bartelewski *et al.*, 2011.

El CL se compone de células parenquimales esteroideogénicas, secretoras de progesterona y células no parenquimales; células vasculares endoteliales, fibroblastos linfocitos y macrófagos (Lei *et al.*, 1991; Reynolds y Redmer, 1999). La mayoría de las células esteroideogénicas se localizan adyacentes a los capilares (Zheng *et al.*, 1993). La angiogénesis se compone de vasculatura sanguínea condensada y se desarrolla bajo la influencia de factores angiogénicos, estimulados por el factor vascular de crecimiento endotelial A y el factor de crecimiento fibroblástico básico, entre otros (Berisha y Schams, 2005). Estos factores y sus

receptores presentan elevada expresión génica durante el desarrollo del CL, pero se reduce en la parte media de la fase lútea (Berisha et al., 2008).

### **2.2.1 Foliculogénesis**

La foliculogénesis es el proceso que conduce a la formación de los folículos y toma lugar durante la vida fetal (Scaramuzzi et al., 2011). Los folículos están formados por células de la granulosa, células de la teca y capilares que rodean al ovocito (Picton, 2001). Durante el periodo fetal, se forman las células germinales primordiales originarias del saco vitelino, que migran hacia las gónadas y después de múltiples divisiones mitóticas se diferencian en ovogonias, las cuales son rodeadas por células del mesonefros que posteriormente se convertirán en células de la pre-granulosa (van den Hurk y Zhao, 2005). En los mamíferos, entre el 70% y el 99.9 % de los folículos ováricos experimentan atresia y solo unos cuantos ovulan (Yu et al., 2005). Una vez que las ovogonias están rodeadas por las células de la granulosa y se encuentran en la fase de diploteno de la meiosis I, se forman los primeros folículos llamados folículos primordiales (Scaramuzzi et al., 2011). Los folículos pueden ser clasificados de acuerdo con su morfología (Bartlewski et al., 2011) y a su sensibilidad y dependencia a las gonadotropinas (Scaramuzzi et al., 2011). De acuerdo con su morfología son clasificados en primordiales, primarios, preantrales y antrales (Picton, 2001). El tiempo requerido para que un folículo primordial se convierta en antral y ovule, es de meses a semanas, respectivamente (Driancourt, 2001).

### **2.2.2 Luteogénesis**

El cuerpo lúteo es un tejido dinámico que se forma después de que el ovocito es liberado del folículo ovárico. Su principal función es la producción de progesterona para el establecimiento y mantenimiento de la preñez. La formación y duración limitadas del CL son críticas para la fertilidad, ya que la progesterona es la hormona esteroide esencial requerida para la implantación del embrión y mantenimiento de la gestación intrauterina hasta que se desarrolla la placenta. La actividad lútea depende de la interacción de diversos factores de crecimiento, citocinas y

hormonas, incluyendo las hormonas tiroideas (Scaramuzzi et al., 1993). Existen factores luteotrofos, que juegan un papel principal en el proceso gestacional dependiendo de la especie, LH, Prolactina (PRL) y Estradiol (Campbell et al., 1995). El aumento preovulatorio de las gonadotropinas (y de PRL promueven la diferenciación morfológica de las células foliculares y está asociada con los cambios bioquímicos involucrados en la luteinización.

### **2.3 Efecto de la condición corporal sobre las estructuras ováricas**

La función endocrinológica es ineficiente durante períodos de subnutrición (en condición corporal baja), demorando la pubertad en animales jóvenes y reduciendo el comportamiento reproductivo en animales adultos (Sisk y Bronson, 1986; Smith, 1988). Los mecanismos bajo los cuales la nutrición afecta la función hipofisiaria involucran al sistema nervioso central, así como la secreción de factores liberadores e inhibidores por parte del hipotálamo. Los efectos positivos o negativos de la condición corporal y suplementación alimenticia estratégica pueden ser identificados separadamente; sin embargo, se requiere de una mayor disponibilidad de información sobre prácticas de alimentación para este fin (Landau et al., 1996). Dado que la tasa ovulatoria (TO) es uno de los componentes que definen el número de cabritos nacidos por cabra empadrada, se ha propuesto que cambios en la condición corporal pueden promover cambios en el perfil endocrino de ciertas hormonas metabólicas que afectan la síntesis y/o liberación de hormonas gonadotrópicas.

Gunn (1983), propuso que la TO en ovejas es dependiente del efecto flushing (suplementación alimenticia) solamente en aquellas que están dentro del rango intermedio de condición corporal, 2.5 en escala de 1 a 5, y que, por encima o debajo del rango crítico, la energía o el consumo de alimento no tiene efecto sobre la tasa ovulatoria, medida como el número de cuerpos lúteos totales. En este mismo sentido Scaramuzzi y Radford (1983) afirmaron que los hatos de ovejas tratadas pueden responder incrementando sus ovulaciones dobles al administrarles proteína y energía adicionales por corto tiempo. Asimismo, Smith y Stewart (1990) mencionan que la suplementación proteica tiene efecto positivo sobre la TO

después de proporcionarla por un período de una semana hacia el final de la fase lútea y durante toda la fase folicular, mientras que la suplementación energética puede mostrar efectos positivos sobre TO al ser proporcionada durante todo el ciclo sexual. Allison, en su estudio (1977) reporta mayor número de folículos con diámetros superiores a los 2 mm y numerosos folículos de diámetros inferiores en ovejas que mostraban mayores pesos vivos. Se concluyó que las diferencias en TO estuvieron asociadas a diferencias en la CC debido a la variabilidad en el número de folículos ovulatorios en el proceso de la regresión lútea.

## **OBJETIVO GENERAL**

Comparar el diámetro y volumen de las estructuras ováricas y la respuesta estral, ovulatoria y reproductiva de dos grupos de cabras multirraciales en sistema semi-extensivo con diferente condición corporal, expuestas a machos sexualmente activos, en el periodo de transición a la estación sexual en el noreste árido de México.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Evaluar el efecto de la condición corporal sobre la respuesta estral y reproductiva de las cabras multirraciales en un sistema semi-extensivo.

Evaluar el efecto de la condición corporal sobre el diámetro y volumen de los folículos en cabras multirraciales en un sistema semi-extensivo.

Evaluar el efecto de la condición corporal sobre el diámetro y volumen de los cuerpos lúteos en cabras multirraciales en un sistema semi-extensivo.

## **HIPÓTESIS**

Una mayor condición corporal podría mejorar el diámetro y volumen de los folículos y cuerpos lúteos y la conducta estral y reproductiva en cabras en un sistema semi-extensivo.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Descripción de la ubicación y condiciones ambientales.

El estudio se realizó en la Comarca Lagunera, zona agroecológica en el Norte árido de México (25° 47' LN, 103° 21' LO, altitud= 1111 msnm). La precipitación pluvial se presenta de junio a septiembre con un promedio de 266 mm/año (rango 163 a 540 mm/año). Las variaciones fotoperiódicas son de 13:41 h de luz durante el solsticio de verano y de 10:19 h durante el solsticio de invierno. Esta región posee un clima seco con una temperatura promedio anual de 21°C variando de 37°C (Mayo-Agosto) a 0°C (Noviembre-Febrero; INEGI, 2015). Todas las cabras se alimentaban bajo el sistema de pastoreo semi-extensivo sedentario predominante en la Comarca Lagunera, consumiendo la vegetación nativa de la región: pastos como Buffel (*Cenchrus ciliaris*), Bermuda (*Cynodon dactylon*), Navajita (*Bouteloua spp.*), Johnson (*Sorghum halepense*), Chamizo (*Atriplex canescens*) así como rebrotes vegetales y frutos de Mezquite (*Prosopis glandulosa*), Huizache (*Acacia farnesiana*), arbustos y esquilmos de cosecha como: Sorgo (*Sorghum bicolor*) melón (*Cucumis melo*), Sandía (*Citrulus lanatus*), Algodón (*Gossypium*), Avena forrajera (*Avena sativa*). (INIFAP, 2010). Todas las cabras dos meses antes del estudio fueron desparasitadas por vía subcutánea (Ivermectina al 1%, Baymec, Bayer®, CDMX, México) vitaminadas con vitaminas A, (500,000 UI) D3, (75,000) E (50 mg) (Vigantol: ADE + Selenio®, Zapopan Jalisco México).

#### 3.2 Animales y su manejo

De un rebaño de cabras multirraciales (mezcla de Alpina, Saanen Toggenburg y Nubia principalmente; n=153) se seleccionaron 48 hembras múltiparas, en sistema de producción semi-extensivo, diagnosticadas como no gestantes mediante ultrasonografía transrectal (Aloka SSD 500 Tokio, Japan; transductor 7.5 MHz), ambos grupos fueron alimentados en pastoreo con la vegetación nativa de 10:00 a 20:00 h, y resguardadas por la noche en corrales parcialmente techados con suministro de agua y sales minerales a libre acceso. La CC inicial fue de 2.52 ± 0.1.

### **3.3 Tratamientos**

Se eligieron 48 hembras con los dos extremos de condición corporal (CC) en el hato y se formaron 2 grupos con nomenclatura referente a dicha CC, tomando en cuenta la metodología descrita por (Walkden-Brown et al., 1997), considerando una escala de 1 (emaciada) a 4 (obesa). El primer grupo (HBCG; más alta condición corporal;  $2.5 \pm 0.9$   $n=22$  y el segundo grupo LBCG; más baja condición corporal;  $1.0 \pm 0.2$   $n=26$ ). Se utilizaron 2 machos cabríos adultos multirraciales (mezcla de Alpina, Saanen, Toggenburg y Nubia principalmente) con condición corporal de 2.5. Los machos fueron aislados 21 días antes del inicio del experimento y fueron tratados hormonalmente mediante la administración de testosterona por vía intramuscular a dosis de 50 mg (Testosterone 50, Lab. Brovel®, CDMX, México) cada tercer día durante los 21 días previos al empadre (Luna-Orozco et al., 2012). El 23 de mayo de 2021 se le administraron 20 mg de progesterona por vía intramuscular a cada hembra de ambos grupos (Progestelas “E”, Lab Aranda, CDMX, México) para reducir la presentación de ciclos cortos.

### **3.4 Variables registradas:**

#### **3.4.1. Conducta estral**

Mediante el registro A.M. y P.M. se obtuvo la proporción de hembras que presentaron estro, la latencia al mismo desde el día cero (día de la introducción de los machos a cada grupo) hasta el momento del estro, duración del estro (h) y la latencia estro-ovulación, y la proporción de ciclos cortos.

#### **3.4.2. Desarrollo folicular y ovulación**

Veinticuatro horas antes del día cero (d0) para confirmar que las hembras estaban en estado anovulatorio se realizó ultrasonografía transrectal (Aloka SSD 500 Tokio, Japan; transductor 7.5 MHz), esta actividad se realizó siempre por el mismo operador. Las cabras fueron contenidas de pie en una manga de metal. El procedimiento para localizar los ovarios fue el mismo al descrito por Ginther y Kot (1994). Todos los folículos  $\leq 3$ mm, se registraron en un bosquejo anotándose su

posición, diámetro y número, esto para ambos ovarios. Se consideró que una cabra había ovulado cuando los folículos más grandes registrados el día anterior habían desaparecido. Además, se categorizaron los folículos en pequeños (2-3.4 mm), medianos (3.5-4.9 mm) y grandes ( $\geq 5$  mm). Adicionalmente, la proporción de hembras que ovularon y la tasa ovulatoria, fueron determinadas a través de la técnica de ultrasonografía ya descrita, categorizando el tipo de ovulación (simple, doble, triple y cuádruple). El diámetro fue determinado a través de la siguiente fórmula:  $d = r(2)$ , en donde  $r = (L/2 + A/2) / 2$ , en donde L= Largo, y A= Ancho. Y el volumen del tejido luteal fue calculado mediante la siguiente fórmula:  $\frac{3}{4} (\pi) r^3$ .

### 3.5 Análisis estadístico

El diámetro folicular y de los cuerpos lúteos, volumen folicular, volumen de tejido luteal, la latencia al estro y a la ovulación, la duración de estro, la proporción de hembra que ovularon, la tasa ovulatoria, y la prolificidad fueron analizados con un ANOVA y posteriormente se realizó una prueba de Tukey. El número de folículos y su diámetro se evaluaron con una t apareada. Todos los análisis se realizaron con el paquete estadístico (SPSS ver. 24).

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Estructuras ováricas

El diámetro de los folículos (pequeño, mediano y grande) no mostró diferencia estadística entre los grupos experimentales, observándose un promedio entre éstos  $24.5 \pm 0.05$ ,  $10 \pm 0.05$ , y  $38.5 \pm 0.2$  (respectivamente, Cuadro 1).

Cuadro 1. Medias de mínimos cuadrados  $\pm$  error estándar de la media (EEM) de la dinámica folicular en cabras multirraciales manejadas bajo un sistema de producción semi-extensivo en el noreste de México (25° LN).

Tamaño de los folículos	Grupos experimentales		P
	HBCG (n=22)	LBCG (n=26)	
Pequeño n (2-3.4 mm)	21 <sup>a</sup> $\pm$ 0.06	28 <sup>a</sup> $\pm$ 0.04	0.35
Mediano n (3.5-4.9 mm)	5 <sup>a</sup> $\pm$ 0.06	15 <sup>a</sup> $\pm$ 0.04	0.24
Grande n ( $\geq$ 5 mm)	47 <sup>a</sup> $\pm$ 0.2	30 <sup>a</sup> $\pm$ 0.2	0.56
Número total de folículos (n)	73 <sup>a</sup> $\pm$ 0.2	73 <sup>a</sup> $\pm$ 0.1	0.36
Diámetro (mm)	5.2 <sup>a</sup> $\pm$ 0.3	4.6 <sup>a</sup> $\pm$ 0.3	0.45
Volumen folicular (mm) <sup>3</sup>	70.6 <sup>a</sup> $\pm$ 11.2	50.5 <sup>b</sup> $\pm$ 11.9	0.05

<sup>a, b</sup> Las variables de respuesta con diferentes superíndices dentro de las líneas difieren ( $p < 0,05$ ).

#### 4.2 Conducta estral, y ovulatoria

La CC fue determinante en los resultados obtenidos en este estudio mostrando una diferencia estadística significativa favorable al HBGC en el volumen folicular  $P < 0.05$ , (cuadro 1), y en las características de los cuerpos lúteos (cuadro 2.), en donde se puede apreciar diferencia estadística en la proporción de hembras que ovularon, el número de cuerpos lúteos, la tasa ovulatoria, el diámetro de los cuerpos lúteos y el volumen del tejido luteal. En referencia a las variables correspondientes a la conducta estral: hembras que presentaron estro (%), latencia al estro, duración del estro, latencia del estro a la ovulación, proporción de ciclos cortos y en las variables de: cabras con ovulación simple, doble, triple y cuádruple no hubo diferencia estadística ( $p > 0.05$ ) entre los dos grupos experimentales. Sin embargo, en las variables: hembras que ovularon, número de cuerpos lúteos, tasa ovulatoria, diámetro de cuerpos lúteos y volumen de tejido luteal se registró una significativa diferencia estadística ( $P < 0.01$ ).

Cuadro 2. Medias de mínimos cuadrados  $\pm$  error estándar de la media para conducta estral, y luteogénesis, en cabras multirraciales manejadas bajo un sistema de producción semi-extensivo en el noreste de México (25° LN).

<b>Variabes</b>	<b>HBCG (n= 22)</b>	<b>LBCG (n=26)</b>	<b>P</b>
Hembras que presentaron estro n (%)	16/22 <sup>a</sup> (72.7)	15/26 <sup>a</sup> (57.6)	0.08
Latencia al estro (h)	245.2 <sup>a</sup> $\pm$ 30	284.1 <sup>a</sup> $\pm$ 25	0.23
Duración del estro (h)	21.3 <sup>a</sup> $\pm$ 3.8	20.5 <sup>a</sup> $\pm$ 4	0.48
Latencia estro-ovulación (h)	33 <sup>a</sup> $\pm$ 4.1	44 <sup>a</sup> $\pm$ 2.9	0.76
Hembras con ciclos cortos n (%)	6/22 <sup>a</sup> (27)	7/26 <sup>a</sup> (27)	0.58
Hembras que ovularon n, (%)	18/22 <sup>a</sup> (81.8)	11/26 <sup>b</sup> (42.3)	0.02
Numero de cuerpos lúteos	36 <sup>a</sup> $\pm$ 0.1	17 <sup>b</sup> $\pm$ 0.1	0.03
Tasa ovulatoria (unidades)	1.61 <sup>a</sup> $\pm$ 0.2	0.58 <sup>b</sup> $\pm$ 0.2	0.04
Diámetro de los cuerpos lúteos(mm)	11.77 <sup>a</sup> $\pm$ 1.1	5.0 <sup>b</sup> $\pm$ 1.3	0.01
Volumen del tejido luteal (mm) <sup>3</sup>	678.85 <sup>a</sup> $\pm$ 72.6	262.9 <sup>b</sup> $\pm$ 73.9	0.02
Cabras con ovulación simple n (%)	5/18 <sup>a</sup> (27.8)	6/11 <sup>a</sup> (54.5)	0.14
Cabras con ovulación doble n (%)	9/18 <sup>a</sup> (50.0)	4/11 <sup>a</sup> (36.4)	0.47
Cabras con ovulación triple n (%)	3/18 <sup>a</sup> (16.7)	1/11 <sup>a</sup> (9.1)	0.56
Cabras con ovulación cuádruple n (%)	1/18 <sup>a</sup> (5.6)	0/11 <sup>a</sup> (0.0)	0.42

<sup>a, b</sup> Las variables de respuesta con diferentes superíndices dentro de las líneas difieren ( $p \leq 0,05$ ).

## V. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos soportan la hipótesis de que una mayor condición corporal en las cabras mejora el desempeño reproductivo de las hembras. En este sentido, el tamaño (diámetro y volumen) de los folículos y la luteogénesis (volumen de tejido luteal) mostraron diferencias altamente significativas favoreciendo al grupo HBCG. Adicionalmente, este grupo mostró una mayor proporción de hembras que ovularon y por lo tanto su tasa ovulatoria.

En la mayoría de las hembras se observa un incremento en la actividad motora cuando inicia el estro. Las hembras regularmente buscan a los machos, además se ha detectado que las ovejas emplean la vista más que el olfato en dicha actividad

(Lindsay and Fletcher, 1968). La dinámica folicular no mostró diferencia entre grupos con respecto número de los folículos coincidiendo con lo reportado por (Mellado, 2008) en el sentido de que las hembras caprinas responden favorablemente al estímulo sexual del macho cabrío aun con condición corporal baja. Sin embargo, el volumen folicular fue favorable estadísticamente al grupo HBCG lo cual denota un efecto positivo de la condición corporal de las hembras de este grupo experimental, tal como lo reporta (Viñoles, et al., 2001) quien llevó a cabo en su trabajo de investigación el efecto del estado nutricional sobre el desarrollo de los folículos y la tasa ovulatoria en ovejas y encontró un efecto positivo en aquellas ovejas con buen estado nutricional en esas variables de respuesta.

En cuanto a la actividad estral, estos resultados refieren una tendencia estadística ( $p=0.08$ ) en la proporción de hembras que presentaron estro en el HBCG, Mellado et al., 2008, menciona que la especie caprina tiene un umbral de rusticidad tal que aun cuando las hembras tienen una baja condición corporal responden al estímulo de las conductas sexuales del macho presentando estro y ovulación. Sin embargo, las demás variables relacionadas a la actividad estral no mostraron diferencia estadística, esta información difiere con lo reportado por Kenyon et al., 2014, quienes encontraron mejores resultados en el grupo con mejor condición corporal con respecto al grupo control en la especie ovina.

En lo correspondiente a las variables relacionadas con la luteogénesis, está establecido que la tasa ovulatoria es fundamental en los resultados de prolificidad de los hatos y más aún en los sistemas de producción marginales, en estos sitios el estado nutricional es un factor muy limitante en el desempeño reproductivo de las cabras. En este estudio los mayores resultados de estas variables fueron a favor del grupo con mayor condición corporal (HBGC) por lo cual inferimos que las reservas de energía influyen directamente en dicho proceso. Esta información coincide con lo demostrado en diversos estudios donde reportaron que, en las hembras con mayor condición corporal, la tasa de ovulación es mayor que en aquellas con una menor (Scaramuzzi et al., 2006; Meza-Herrera et al., 2008; De Santiago-Miramontes et al., 2009).

El razonamiento sobre los resultados de este estudio es que la condición corporal en las cabras es de suma importancia en los sistemas de producción semi-extensivos para el desempeño del comportamiento sexual y reproductivo, por lo que resulta útil ofrecer un complemento alimenticio a aquello que las cabras logran cosechar en los sitios de pastoreo nativo y de los esquimos en áreas agrícolas de la región, todo lo anterior con repercusión directa a la percepción de ingresos de los caprinocultores de este tipo de producción marginal.

## **VI. CONCLUSIÓN**

Estos resultados permiten concluir que el estado nutricional de los caprinos manejados en un sistema semi-extensivo es notable para el despliegue de conductas estrales en las hembras y por ende para el incremento del diámetro y volumen de las estructuras ováricas (folículos y cuerpos lúteos). Además, se recomienda ampliamente considerar una estrategia de complementación alimenticia en las hembras en las diferentes ventanas reproductivas, a fin de cubrir sus demandantes necesidades y contrarrestar la marcada deficiencia de nutrientes en momentos clave, y así garantizar la supervivencia de las siguientes generaciones.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alvarado-Espino, A.S., Meza-Herrera, C.A., Carrillo, E., González-Álvarez, V.H., Guillen-Muñoz, J.M., Ángel-García, O., Mellado, M. and Véliz-Deras, F.G. (2016). Reproductive outcomes of Alpine goats primed with progesterone and treated with human chorionic gonadotropin during the anestrus-to-estrus transition season. *Animal of Reproduction of Science*. 167: 133-138.
2. Bartlewski, P. M., T. E. Baby y J. L. Giffin. 2011. Reproductive cycles in sheep. *Animal reproduction science* 124: 259-268.
3. Berisha B, Schams D. 2005. Ovarian function in ruminants. *Domestic Animal Endocrinology*. 29(2):305-317.  
<https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2005.02.035>
4. Berisha B, Steffl M, Welter H, Kliem H, Meyer HH, Schams D, Amselgruber W. 2008. Effect of the luteinising hormone surge on regulation of vascular endothelial growth factor and extracellular matrix-degrading proteinases and their inhibitors in bovine follicles. *Reproduction, Fertility and Development*. 20(2):258-268.
5. Cahill LP, Mariana JC, Mauleon P. Total follicular populations in ewes of high and low ovulation rates. *J Reprod Fertil* 1979; 55:27-36.
6. Cahill LP, Mauleón P. Influences of season, cycle and breed on follicular growth rates in sheep. *J Reprod Fertil* 1980; 58:321-328.
7. Campbell BK, Scaramuzzi RJ, Webb R. Control of antral follicle development and selection in sheep and cattle. *J Reprod Fertil* 1995; 49:335-350.
8. Campbell BK, Scaramuzzi RJ, Webb R. Control of antral follicle development and selection in sheep and cattle. *J Reprod Fertil* 1995; 49:335-350.
9. Carrillo, E., Meza-Herrera, C.A., Véliz, F.G. (2010). Estacionalidad reproductiva de los machos cabríos de la raza Alpino-francés adaptados al subtrópico Mexicano. *Rev. Mex. de Cien. Pec.* 1, 169–178.

10. Cepeda, P.R., Ramírez, J.M., Ramírez, O.R., Ávila, J.M., Macareno, R., Contreras, J.L. (1992). Actividad reproductiva de un rebaño caprino comercial de sistema de fecundación en primavera (sin tratamiento hormonal) en Baja California Sur. Memorias VIII Reunión Nac. Capr. La Paz, BCS pp. 148-154.
11. Contreras-Villarreal, V., Meza-Herrera, C.A., Rivas-Muñoz, R., Angel-García, O., Luna-Orozco, J.R., Carrillo, E., Mellado, M., Veliz-Deras, F.G. (2015). Reproductive performance of seasonally anovular mixed-bred dairy goats induced to ovulate with a combination of progesterone and eCG or estradiol. *Anim. Sci. J.* 87, 750–755.
12. De Santiago-Miramontes, M.A., Malpoux, B., Delgadillo, J.A., (2009). Body condition is associated with a shorter breeding season and reduced ovulation rate in subtropical goats. *Animal Reproduction Science*, 114, 175–182.
13. De Santiago-Miramontes, M.A., Rivas-Muñoz, R., Muñoz-Gutiérrez, M., Malpoux, B., Scaramuzzi, R.J., Delgadillo, J.A. (2008). The ovulation rate in anoestrous female goats managed under grazing conditions and exposed to male effect is increased by nutritional supplementation. *Anim. Reprod. Sci.* 105: 409-416.
14. Driancourt, M. 2001. Regulation of ovarian follicular dynamics in farm animals. Implications for manipulation of reproduction. *Theriogenology* 55: 1211-1239.
15. Escareño, L., Wurzinger, M., Iñiguez, L., Soelkner, J., Salinas, H., Meza-Herrera, C.A. (2013). Dairy goat production systems in dry areas: Status-quo, perspectives and challenges. *Trop. Anim. Health Prod.* 45, 17–34.
16. Fatet, A., M.-T. Pellicer-Rubio y B. Leboeuf. 2011. Reproductive cycle of goats. *Animal Reproduction Science* 124: 211-219.
17. Forde, N., M. Beltman, P. Lonergan, M. Diskin, J. Roche y M. Crowe. 2011. Oestrous cycles in *Bos taurus* cattle. *Animal reproduction science* 124: 163-169.

18. INEGI. (2015). (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). Información Nacional por Entidad Federativa y Municipios. Available online: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx> (accessed on 19 February 2015).
19. INIFAP. (2010). (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). Boletín técnico. Coeficientes de agostadero de la República Mexicana: Estados de Baja California, Sonora, Chihuahua, Zacatecas, Coahuila, Tamaulipas, Nuevo León, Durango y San Luis Potosí. 2: 13-78 SAG. México. Available online: [http://www.gob.mx/inifap/archivo/documentos/coeficientes de agostadero](http://www.gob.mx/inifap/archivo/documentos/coeficientes_de_agostadero) (accessed on 1 March 2010).
20. Isidro-Requejo, L.M., Meza-Herrera, C., Pastor-López, F.J., Maldonado, J.A., Salinas-Gonzalez, H. (2019). Physicochemical characterization of goat milk produced in the Comarca Lagunera, Mexico. *Anim. Sci. J.* 90, 563–573.
21. 26.Kenyon, P.R., Maloney, S.K. and Blache, D. (2014). Review of sheep body condition score in relation to production characteristics, *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 57:1, 38-64
22. Lei ZM, Chegini N, Rao CV. 1991. Quantitative cell composition of human and bovine corpora lutea from various reproductive states. *Biology of Reproduction* . 44(6):1148-1156.
23. Lindsay, D. R., and Fletcher, I. C. (1968). Sensory involvement in the recognition of lambs by their dams. *Animal behaviour*, 16(4), 415-417.
24. McNeilly AS, Picton HM, Campbell BK, Baird DT. Gonadotrophic control of follicle growth in the ewe. *J Reprod Fert* 1991; 43:177-186. 19.
25. Medan, M., G. Watanabe, K. Sasaki, Y. Nagura, H. Sakai, M. Fujita, S. Sharawy y K. Taya. 2003. Effects of passive immunization of goats against inhibin on follicular development, hormone profile and ovulation rate. *Reproduction* 125: 751-757.

26. Mellado, M. (2008). Técnicas para el manejo reproductivo de las cabras en agostadero (Goat reproductive management under rangeland conditions). *Tropical and subtropical agroecosystems*.9:47-63.
27. Meza-Herrera, C. A., Hallford, D. M., Ortiz, J. A., Cuevas, R. A., Sanchez, J. M., Salinas, H., and Gonzalez-Bulnes, A. (2008). Body condition and protein supplementation positively affect periovulatory ovarian activity by non LH-mediated pathways in goats. *Animal Reproduction Science*, 106(3-4), 412-420.
28. Meza-Herrera, C.A., Ross, T., Hallford, D.M., Hawkins, D., Gonzalez-Bulnes, A. (2007). Effects of body condition and protein supplementation on LH secretion and luteal function in sheep. *Reproduction in Domestic Animals* 42, 461–465.
29. Navarrete-Molina, C., Meza-Herrera, C., Herrera-Machuca, M., Macias-Cruz, U., Veliz-Deras, F. (2020). Not all ruminants were created equal: Environmental and socio-economic sustainability of goats under a marginal extensive production system. *J. Clean. Prod.* 255, 120237.
30. Niswender GD, Juengel JL, Silva PJ, Rollyson MK, McIntush EW. 2000. Mechanisms controlling the function and life span of the corpus luteum. *Physiological Reviews*. 80 (1):1-29.
31. Picton, H. M. 2001. Activation of follicle development: the primordial follicle. *Theriogenology* 55: 1193-1210.
32. Pinilla, L., E. Aguilar, C. Dieguez, R. P. Millar y M. Tena-Sempere. 2012. Kisspeptins and Reproduction: Physiological Roles and Regulatory Mechanisms. 1235-1316 pp.
33. Reynolds LP, Redmer DA. 1999. Growth and development of the corpus luteum. *Journal of Reproduction and Fertility suppl.* 54:181-191. PMID: 10692854.
34. Rivera-Lozano, M. T., M. O. Diaz-Gómez, J. Urrutia-Morales, H. Vera-Ávila, H. Gamez-Vázquez, E. Villagomez-Amezcuca Manjarrez, C. Aréchiga-Flores y F. Escobar-Medina. 2011. Seasonal variation in ovulatory activity of Nubian, Alpine and Nubian x Criollo does under

- tropical photoperiod (22°N). *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14: 973-980.
35. Rodgers RJ, Mitchell MD, Simpson ER. 1988. Secretion of progesterone and prostaglandins by cells of bovine corpora lutea from three stages of the luteal phase. *Journal of Endocrinology*. 118(1):121-126.
  36. Scaramuzzi, R. J., Campbell, B. K., Downing, J. A., Kendall, N. R., Khalid, M., Muñoz-Gutiérrez, M., and 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. *Reproduction Nutrition Development*, 46(4), 339-354.
  37. Scaramuzzi, R. J., D. T. Baird, B. K. Campbell, M.-A. Driancourt, J. Dupont, J. E. Fortune, R. B. Gilchrist, G. B. Martin, K. P. McNatty, A. S. McNeilly, P. Monget, D. Monniaux, C. Viñoles y R. Webb. 2011. Regulation of folliculogenesis and the determination of ovulation rate in ruminants. *Reproduction, Fertility and Development* 23: 444-467.
  38. Scaramuzzi, R., N. Adams, D. Baird, B. Campbell, J. Downing, J. Findlay, K. Henderson, G. Martin, K. McNatty y A. McNeilly. 1993. A model for follicle selection and the determination of ovulation rate in the ewe. *Reproduction, fertility and development* 5: 459-478.
  39. Scaramuzzi, R.J., Martin, G.B. 2008. The importance of interactions among nutrition, seasonality and sociosexual factors in the development of hormone-free methods for controlling fertility. *Reprod. Dom. Anim. Suppl.* 2: 129-136.
  40. SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). Resumen Nacional. Población Ganadera, Avícola y Apícola. SAGARPA. 2021. Disponible en línea: [www.siap.gob.mx/ganaderia](http://www.siap.gob.mx/ganaderia) (Acceso el 30 de Abril de 2022).
  41. Sisk C. L. and F. H. Bronson. 1986. Effects of food restriction and restoration on gonadotropin and growth hormone secretion in immature male rats. *Biol. Reprod.* 35:554.

42. Smith J. F. 1988. Influence of nutrition on ovulation rate in the ewe. *J. Biol. Sci.* 41:27-36.
43. Uribe-Velásquez LF, Oba E, Souza MIL. Población folicular y concentraciones plasmáticas de progesterona (P4) en ovejas sometidas a diferentes protocolos de sincronización. *Arch Med Vet* 2008; 40:83-88.
44. van den Hurk, R. y J. Zhao. 2005. Formation of mammalian oocytes and their growth, differentiation and maturation within ovarian follicles. *Theriogenology* 63: 1717-1751.
45. Véliz, F. G., Poindron, P., Malpoux, B., and Delgadillo, J. A. (2006). Maintaining contact with bucks does not induce refractoriness to the male effect in seasonally anestrous female goats. *Animal Reproduction Science*, 92(3–4), 300–309.
46. Viñoles, C., M. Forsberg, G. Banchemo y E. Rubianes. 2001. Effect of long-term and short-term progestagen treatment on follicular development and pregnancy rate in cyclic ewes. *Theriogenology* 55: 993-1004.
47. Walkden-Brown, S., Restall, B., Scaramuzzi, R., Martin, G., Blackberry, M. (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 Rumin. Res.* 26, 239–252.
48. Yu, Y. S., M. J. Luo, Z. B. Han, W. Li, H. S. Sui y J. H. Tan. 2005. Serum and follicular fluid steroid levels as related to follicular development and granulosa cell apoptosis during the estrous cycle of goats. *Small Ruminant Research* 57: 57-65.
49. Zarazaga, L.A., Guzmán, J.L., Domínguez, C., Perez, M.C., Prieto, R. (2005). Effect of plane of nutrition on seasonality of reproduction in Spanish Payoya goats. *Anim. Reprod. Sci.* 87: 253-267.
50. Zheng J, Redmer DA, Reynolds LP. 1993. Vascular development and heparin-binding growth factors in the bovine corpus luteum at several stages of the estrous cycle. *Biology of Reproduction*. 49(6):1177-1189.