



Abanico Veterinario. Enero-Diciembre 2022; 12:1-21. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2022.13>  
Artículo Original. Recibido: 24/08/2021. Aceptado:21/05/2022. Publicado: 22/10/2022. Clave: e2021-56.  
[https://www.youtube.com/watch?v=CH\\_iji-LEms](https://www.youtube.com/watch?v=CH_iji-LEms)

## Respuesta reproductiva de cabras Saanen x Alpina al aplicar un reconstituyente metabólico durante la sincronización del estro

Reproductive response of Saanen x Alpina goats to the application of a metabolic reconstituent during estrus synchronization



Cadena-Villegas Said<sup>\*1</sup> , Velasco-Villanueva Diana<sup>2</sup> , Germán-Alarcón Carlos<sup>2</sup> , Salinas-Ríos Teófilo<sup>3</sup> , Cortez-Romero Cesar<sup>4</sup> , Hernández-Marín Antonio<sup>\*\*5</sup> 

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina km 3 carretera Cárdenas-Huimanguillo, Tabasco, México. 86500. <sup>2</sup>Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, carretera federal México-Texcoco km 38.5, Texcoco, Estado de México. México. 56230. <sup>3</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, Av. Universidad S/N, Col. Cinco Señores. Oaxaca de Juárez, Oaxaca. 68120. <sup>4</sup>Posgrado de Innovación en Manejo de Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí. Iturbide No. 73, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí. México. 78620. <sup>5</sup>Departamento de Veterinaria y Zootecnia, División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato, Exhacienda El Copal, km 9 carretera Irapuato-Silao, Irapuato, Guanajuato. México. 36824. \*Autor responsable: Cadena-Villegas Said. Autor de correspondencia: \*\*Hernández-Marín José Antonio. Departamento de Veterinaria y Zootecnia. División de Ciencias de la Vida. Campus Irapuato-Salamanca. Universidad de Guanajuato. ExHacienda el Copal km 9, carretera Irapuato-Silao, Irapuato, Guanajuato, México. C.P. 36824. Correos: scadena@colpos.mx, donaji0315@gmail.com, cargerala@hotmail.com, salinas980@hotmail.com, ccortez@colpos.mx, jahmarin@ugto.mx.

### RESUMEN

Se evaluó la acción de un reconstituyente metabólico como respuesta al estro de cabras Saanen x Alpina. Se utilizaron 36 cabras multíparas y se asignaron aleatoriamente a uno de tres tratamientos: T1 (n= 12): CIDR+eCG con reconstituyente metabólico (REC); T2 (n= 12): CIDR+eCG con solución isotónica (ISO); T3 (n= 12): CIDR+eCG (TEST). Se evaluó que los datos provinieran de una población distribuida normalmente. La respuesta al estro (RE), inicio del estro (IE), retorno al estro (RET), gestación (GEST), parición (PAR) y fertilidad (FER) se analizaron mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis; la duración del estro (DE), fecundidad (FEC) y prolificidad (PROL) mediante un análisis de varianza y se utilizó la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) para comparar medias entre tratamientos. El tratamiento con REC redujo ( $p < 0.05$ ) el IE (T1: 20.78 h, T2: 32.54 h, T3: 33.68 h), aumentó la FEC (T1: 1.42, T2: 0.92, T3: 0.92) e incrementó la PROL (T1: 2.1, T2: 1.4, T3: 1.4). El tratamiento con ISO tuvo efecto similar al tratamiento TEST ( $p > 0.05$ ) en las variables de estudio. El reconstituyente metabólico durante la sincronización del estro en cabras Saanen x Alpina reduce el inicio del estro e incrementa la fecundidad y la prolificidad.

**Palabras clave:** Aminoácidos, fecundidad, gonadotropinas, progestágenos, prolificidad.

### ABSTRACT

The action of a metabolic treatment was evaluated in response to estrus synchronization in Saanen x Alpina goats. Thirty-six multiparous goats were used and randomly assigned to one of three treatments: T1 (n= 12): CIDR+eCG with metabolic restorative (MR); T2 (n= 12): CIDR+eCG with isotonic solution (ISO); T3 (n= 12): CIDR+eCG (CONTROL). Data were tested to come from a normally distributed population. Response



to estrus (RE), the onset of estrus (OE), return to estrus (RET), gestation (GEST), calving (PAR), and fertility (FER) were analyzed using the non-parametric Kruskal-Wallis test; estrus duration (ED), fecundity (FEC) and prolificacy (PROL) through an analysis of variance and Tukey's test ( $\alpha = 0.05$ ) to compare means between treatments. MR treatment reduced ( $p < 0.05$ ) OE (T1: 20.78 h, T2: 32.54 h, T3: 33.68 h), increased FEC (T1: 1.42, T2: 0.92, T3: 0.92), and increased PROL (T1: 2.1, T2: 1.4, T3: 1.4). The ISO treatment had a similar effect to the CONTROL treatment ( $p > 0.05$ ) in the study variables. The metabolic restorative treatment during estrus synchronization in Saanen x Alpine goats reduces the onset of estrus and increases fertility and prolificacy.

**Keywords:** Amino acids, fecundity, gonadotropins, progestogens, prolificacy.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad se exploran muchas estrategias para mejorar la capacidad reproductiva de los animales de producción, con el objetivo de satisfacer las necesidades de producción de carne, leche y pieles (Omontese, 2018); de esta manera, al incrementar los eventos fisiológicos reproductivos de las hembras de cualquier especie animal, corresponde un aumento en prolificidad, variables productivas y en consecuencia un mayor ingreso económico para el productor (Dubeuf, 2011). Conocer la fisiología reproductiva caprina impacta en el desarrollo y aplicación de protocolos prácticos en el manejo reproductivo que mejoren la eficiencia productiva y reproductiva (Hashemi & Safdarian, 2017). Por tanto, se sabe que cuando las cabras no reciben un manejo reproductivo estratégico, la estacionalidad reproductiva se vuelve estacionalidad productiva; lo cual resulta en una problemática para los productores en el aspecto comercial (Escareño *et al.*, 2011).

La reproducción en cabras puede controlarse con métodos que implican la administración de hormonas exógenas que modifican el ciclo estral; por ejemplo, la progesterona ( $P_4$ ) o sus análogos que simulan la actividad de la  $P_4$  natural que se produce en el cuerpo lúteo (CL) durante la fase lútea después de la ovulación. En el caso de las prostaglandinas ( $PGF2\alpha$ ) son una alternativa para controlar la reproducción mediante la eliminación del CL y la inducción de la siguiente fase folicular con la ovulación (Abecia *et al.*, 2012); y la administración de gonadotropina coriónica equina (eCG) concurrente con una segunda inyección de  $PGF2\alpha$  o con el retiro del progestágeno, aumenta la respuesta al estro por la estimulación para que los folículos ováricos alcancen la etapa final de maduración, en protocolos de sincronización en un rebaño de cabras (Bukar *et al.*, 2012).

La hormona liberadora de las gonadotropinas (GnRH), es el primer mensajero que participa en el reinicio de la actividad cíclica en la reproducción en ovejas y cabras, y se controla por diferentes neuromoduladores (Meza-Herrera *et al.*, 2010). Esta comunicación endocrina hipotálmica-adenohipofisiaria puede favorecerse por la acción de ciertos compuestos que actúan como neurotransmisores, cuya actividad se puede incrementar mediante la suplementación de aminoácidos neuroexcitadores (AANE; Mahesh & Brann, 2005; Meza-Herrera *et al.*, 2014), como arginina, glutamato y aspartato (Alvarez-Cardona *et al.*, 2019). Se sabe que el uso de un reconstituyente metabólico que



contiene AANE por cada 100 mL: L-arginina, 240 mg; ácido aspártico, 150 mg; ácido glutámico, 150 mg; los cuales ejercen una respuesta en la actividad ovárica en ovejas prepúberes (Hernández-Marín *et al.*, 2016) o para mejorar el porcentaje de partos y la fecundidad en ovejas tratadas con somatotropina bovina recombinante y un reconstituyente metabólico con un protocolo de inducción de la ovulación de cinco días postparto (Fraire-Cordero *et al.*, 2018). Al respecto, no se ha determinado la respuesta de un tratamiento parenteral de un reconstituyente metabólico durante la sincronización del estro combinado en cabras. Por lo tanto, planteamos la hipótesis de que la administración de un producto metabólico inyectable que también contiene aminoácidos neuroestimuladores (Metabolase®, Fatro, Bolonia, Italia), combinado con un protocolo hormonal de CIDR por 12 d, y con PGF2 y eCG 48 h antes del retiro, podría mejorar la respuesta reproductiva en cabras.

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la acción de un reconstituyente metabólico en las variables reproductivas como respuesta a la sincronización del estro en cabras Saanen x Alpina.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Localización del área de estudio

La investigación se desarrolló en el área de ovinos y caprinos de la Granja Experimental del Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, en Texcoco de Mora, Estado de México; la cual se localiza a 19°29' N y 98°53' W, a una altitud de 2250 msnm. Todos los animales se condujeron durante el desarrollo experimental de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas NOM-024-ZOO-1995 (SAGARPA, 1995) y NOM-051-ZOO-1995 (SAGARPA, 1995). El experimento fue supervisado y el protocolo autorizado por el Comité de Investigación AG (AG03-2021).

### Características de los animales y alimentación

Se utilizaron 36 cabras multíparas cruzadas de Saanen x Alpina con  $54.12 \pm 6.34$  kg de peso vivo,  $28.2 \pm 4.18$  meses de edad y condición corporal de 2.5 unidades en la escala 1 a 5 donde 1: emaciada y 5: obesa (Gosh *et al.*, 2019); adicionalmente, tres machos cabríos enteros con  $62.27 \pm 7.61$  kg de peso vivo y  $30.6 \pm 5.27$  meses de edad; se usaron para detección de estro y monta natural controlada. Todos los animales se mantuvieron en corrales provistos de sombra, comedero, bebedero automático y piso de tierra; donde recibieron  $2.5 \text{ kg animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$  de una ración alimenticia ofrecida de 8:00 a 9:00 am, la cual se basó en la mezcla de *Zea mays* (ensilado, 70%), *Medicago sativa* (fresco, 20%) y concentrado comercial (pellet, 10%).



## Protocolo experimental y tratamientos

Las cabras se asignaron al azar a uno de tres tratamientos experimentales: T1, n=12: protocolo de sincronización del estro + 100 mL de reconstituyente metabólico (REC); T2, n=12: protocolo de sincronización del estro + 100 mL de solución isotónica (ISO); T3, n=12: protocolo de sincronización del estro (TEST).

La sincronización del estro en las cabras consistió en la inserción de dispositivos intravaginales impregnados con progesterona (CIDR, P<sub>4</sub>: 0.3 g; Zoetis, México) durante 12 d; en este periodo. Cada cabra se revisó dos veces al día (8:00 y 20:00 h) para verificar que el CIDR permaneciera insertado. A las 48 h antes del retiro se aplicaron vía intramuscular prostaglandinas (PGF<sub>2α</sub>: 5 mg, Dinoprost trometamina, Lutalyse®; Zoetis, México) y gonadotropina coriónica equina (eCG: 200 U.I.; Folligon®; Intervet International, Holanda); la primera hormona para inducir a algún CL ovárico a la lisis, y la segunda, para promover una subsecuente elevación en los niveles de E<sub>2</sub> y LH (Fatet *et al.*, 2011), favorecer el desarrollo folicular, obtener la manifestación externa del estro (Abecia *et al.*, 2012) y la presencia de un pico de la LH acompañado de la ovulación (Omontese *et al.*, 2014).

La solución isotónica se aplicó con la finalidad de homogenizar las condiciones experimentales con los productos adicionales al protocolo de sincronización. Así, el reconstituyente metabólico (REC; Metabolase®, Schütze-Segen, Italia) o la solución isotónica (ISO; Solución Hartmann®, Finlay, Honduras) se aplicaron dos veces durante la sincronización del estro. La primera aplicación para los tratamientos T1 y T2, se realizó a los 10 d después de insertar el CIDR, y se administraron 50 mL vía intravenosa, respectivamente; y en la segunda, se aplicaron 50 mL vía subcutánea al momento de retirar el CIDR (12 d).

## Detección y retorno de estro

A todas las cabras se les detectó el estro durante 60 min, a las ocho horas después del retiro del CIDR, lo cual se repitió cada 8 h (7:00, 15:00 y 23 h) durante 64 h. Se inició introduciendo a los machos cabríos al interior del corral, a los cuales se les colocó un mandil y entre los brazos del macho, en la región del esternón; se aplicó colorante no tóxico con un crayón, con la finalidad de marcar y detectar las hembras en estro. Se determinó que una cabra presentó estro, cuando aceptó la monta por el macho cabrío, mostrando inmovilidad total. Luego se les brindó monta natural controlada, inmediatamente después de ser detectadas. El inicio del estro (IE) y su duración (DE), se registraron como el tiempo transcurrido (h) en la que cada cabra aceptó la monta por el macho cabrío y mostró inmovilidad total durante la monta. La evaluación del retorno al estro (RE) se realizó a los 21 d después de retirar el CIDR. Se calculó la respuesta a la sincronización del estro (RSE) expresando la cantidad de cabras que presentaron estro como un porcentaje de la cantidad total de cabras tratadas en cada tratamiento.



### **Diagnóstico de gestación**

Esta variable se determinó a los 45 días posteriores a la inseminación por monta natural, para ello se utilizó un equipo de ultrasonografía Vet 10 (Mindray) con un transductor lineal rectal de 5 MHz. Se registró como gestante o vacía aquella hembra con o sin producto(s) fetal(es) definidos. La tasa de gestación (GEST) se registró como el porcentaje de cabras diagnosticadas gestantes dividida entre la cantidad de cabras expuestas al macho que no retornaron al estro.

### **Fertilidad, prolificidad y fecundidad**

Se registró la fecha de parto, sexo y el peso de la(s) cría(s) al nacimiento. Para cada tratamiento se determinó en el momento en que cada cabra paría; donde la tasa de parición (PAR) se calculó como la cantidad expresada en porcentaje de cabras que parieron con respecto al total de cabras diagnosticadas positivas a la gestación; posterior al parto. Se calculó la fertilidad (FER) como cantidad de cabras paridas dividida entre la cantidad de cabras apareadas, resultado multiplicado por 100; la fecundidad (FEC) como cantidad de crías nacidas dividida entre la cantidad total de cabras tratadas; y la prolificidad (PROL) fue la cantidad de crías nacidas dividida entre la cantidad de cabras paridas.

### **Análisis estadístico**

Todos los análisis de los datos se realizaron con el software estadístico ([SAS, 2012](#)). Se utilizó un diseño completo con tratamientos aleatorizados; realizando la prueba de [Shapiro & Wilk \(1965\)](#) para evaluar que todos los datos provinieran de una población distribuida normalmente. La respuesta a la sincronización del estro, retorno al estro, tasas de gestación, parición y fertilidad, y el inicio del estro se analizaron mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis mediante el procedimiento NPAR1WAY. Para analizar la duración del estro, fecundidad y prolificidad, se realizó un análisis de varianza y se empleó la prueba de Tukey para comparar las medias de sus valores entre tratamientos al 95% de confianza.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

No se observaron diferencias ( $p > 0.05$ ) entre tratamientos para las variables RE, DE, RET (tabla 1), y para GEST, PAR y FER (tabla 2); sin embargo, la acción del reconstituyente metabólico durante la sincronización del estro mejoró ( $p < 0.05$ ) la respuesta de las cabras Saanen x Alpina para las variables IE (Tabla 1), FEC y PROL (tabla 2). La respuesta a la sincronización del estro fue del 100% en los tres tratamientos. La respuesta a la sincronización del estro de las cabras tratadas con la solución isotónica fue similar ( $p > 0.05$ ) a la de las cabras testigo, pero diferente a la obtenida con el reconstituyente metabólico, el cual acortó ( $p < 0.05$ ) el inicio del estro. Después de retirar el CIDR a las





36 cabras, 12 de ellas (33.33%) tratadas con el reconstituyente metabólico, iniciaron el estro a las 20 h; mientras que, las 24 cabras restantes (66.67%) tratadas sin reconstituyente metabólico, lo iniciaron a las 32 h. Para las cabras tratadas con la solución isotónica, el 25% presentó estro en las primeras 24 h, el 67% lo manifestó en un rango de 24 a 48 h, y el 8% restante, lo presentó antes de las 64 h transcurridas al retiro del CIDR. La duración del estro de las cabras testigo fue similar ( $p > 0.05$ ) a la que mostraron las tratadas con la solución isotónica y el reconstituyente metabólico (tabla 1).

**Tabla 1. Respuesta a la sincronización del estro en cabras Saanen x Alpina tratadas con un reconstituyente metabólico o solución isotónica**

Tratamientos	n	Respuesta al estro (%)	Inicio de estro (h)	Duración del estro (h)	Retorno al estro (%)
T1: Reconstituyente metabólico	12	100	20.78 <sup>b</sup>	37.78	33.0
T2: Solución isotónica	12	100	32.54 <sup>a</sup>	37.95	33.0
T3: Testigo	12	100	33.68 <sup>a</sup>	37.69	33.0
<i>p-value</i>		0.96	0.001	0.76	0.90

<sup>a, b</sup>: Valores promedios con distinta literal en la misma columna son diferentes ( $p < 0.05$ ).

**Tabla 2. Respuesta al diagnóstico de gestación y cantidad de crías nacidas de cabras Saanen x Alpina sincronizadas y tratadas con un reconstituyente metabólico o solución isotónica**

Tratamientos	n	Cabras		Crías nacidas (n)	Fertilidad (%)	Fecundidad (n)	Prolificidad (n)
		Gestantes (n)	Paridas (n)				
T1: Reconstituyente metabólico	12	8	8	17	66.7	1.42 <sup>b</sup>	2.1 <sup>b</sup>
T2: Solución isotónica	12	8	8	11	66.7	0.92 <sup>a</sup>	1.4 <sup>a</sup>
T3: Testigo	12	8	8	11	66.7	0.92 <sup>a</sup>	1.4 <sup>a</sup>
<i>p-value</i>					0.87	0.049	0.049

<sup>a, b</sup>: Valores promedios con distinta literal en la misma columna son diferentes ( $p < 0.05$ ).

En la actualidad los protocolos de sincronización del estro controlan el desarrollo folicular y la ovulación para mejorar la respuesta en las variables reproductivas, principalmente al reducir la exposición a la progesterona de 10 a 14 días a un periodo de 5 a 7 días (protocolos a corto plazo; Luo *et al.*, 2019). No obstante, en el presente estudio, el protocolo de sincronización del estro se diseñó para controlar la función lútea mediante la administración exógena de progesterona mediante el CIDR durante 12 d (protocolo a largo plazo), asociado con una dosis de eCG y PGF2 $\alpha$  al momento de retirar el CIDR, con el cual se logró la totalidad de las cabras en estro. Esta respuesta al estro coincide con el 100% reportado en algunos estudios (Nogueira *et al.*, 2011; Kajaysri & Thammakarn, 2012); pero difiere con otros resultados (Menchaca *et al.*, 2007; Montes-Quiroz *et al.*, 2017), en cabras sincronizadas con un tratamiento hormonal similar. El uso de progestágenos, eCG y prostaglandinas ofrece buena respuesta en la sincronización del estro (Abecia *et al.*, 2012; Hashemi & Safdarian, 2017; Salleh *et al.*, 2021), debido a que la PGF2 $\alpha$  o sus análogos tienen función luteolítica, modifican el desarrollo del folículo ovárico y provocan la disolución del cuerpo lúteo para reanudar la actividad ovárica



(Abecia *et al.*, 2011; Rivas-Muñoz *et al.*, 2021); así es posible sincronizar el estro mediante la luteólisis, al inyectar PGF2 $\alpha$  para inducir la regresión del cuerpo lúteo funcional para detener la fase lútea en cabras sincronizadas con CIDR+eCG, debido a que la presencia de un cuerpo lúteo funcional inhibe la respuesta del estro (Kajaysri & Thammakarn, 2012).

Por otro lado, se considera que la nutrición afecta la función reproductiva en rumiantes domésticos, lo cual influye en el inicio de la actividad ovárica en cabras (Walkden-Brown *et al.*, 1994), donde la energía metabólica es el factor más importante que controla el éxito reproductivo y las hormonas gonadales afectan la ingesta, almacenamiento y el gasto de energía (Schneider *et al.*, 2012). Tomando en cuenta los requisitos energéticos, la relación entre los sistemas reguladores metabólico y reproductivo, debe ajustarse en gran medida para que la probabilidad de éxito sea razonable. Por lo tanto, los procesos reguladores que vinculan la nutrición y la reproducción son los mismos que controlan la homeostasis energética (Martin *et al.*, 2010).

Algunos ingredientes específicos que componen la dieta y los productos del metabolismo pueden perjudicar la acción hipotalámica-adenohipofisiaria-ovárica al incurrir en la secreción de la FSH y la LH y en la respuesta de la actividad ovárica (Schneider *et al.*, 2012). Por lo tanto, es probable que la respuesta al estro de las cabras en el presente estudio se debió más al protocolo hormonal utilizado, ya que la administración de progestágenos a largo plazo (12 d) se puede utilizar con tratamientos complementarios como las gonadotropinas que promueven el crecimiento folicular ovárico y la ovulación, o con prostaglandinas que lisan un cuerpo lúteo activo (O'Brien & Wildeus, 2019); debido a que la duración del progestágeno es más corta que la fase lútea; así el estro y la ovulación pueden retrasarse o incluso inhibirse por la presencia de un cuerpo lúteo funcional al retiro del progestágeno y la prostaglandina se requiere para inducir la luteólisis (Swelum *et al.*, 2015).

La eficiencia reproductiva de las hembras depende de la respuesta ovárica a las secreciones hipofisiarias promovidas por el hipotálamo (Meza-Herrera *et al.*, 2010). Esta comunicación endocrina se mejora por la actividad de los neurotransmisores en el eje hipotalámico-adenohipofisiario, cuya actividad se puede incrementar mediante la suplementación de aminoácidos excitadores (AAE; Mahesh & Brann, 2005), los cuales propician la liberación de las gonadotropinas de la adenohipófisis; y por tanto, controlan los eventos fisiológicos en las gónadas (Maia *et al.*, 2017). La mayoría de los estudios disponibles sobre las interacciones entre la nutrición y la reproducción en pequeños rumiantes se obtienen en diferentes condiciones ambientales, recursos alimenticios, nutrientes disponibles o fuentes de suplementación que promueven la eficiencia reproductiva en cabras (Rekik *et al.*, 2007). Por tanto, es posible que algunos de los componentes del reconstituyente metabólico utilizado en el presente estudio,



principalmente los aminoácidos L-arginina (0.240 g), ácido aspártico (0.150 g) y ácido glutámico (0.150 g); los cuales influyen en el desarrollo folicular ovárico y generado un aumento en el número de folículos dominantes, lo cual pudo producir mayor secreción de estrógenos y como consecuencia, reflejó un inicio de estro más corto; en respuesta a la acción neuroestimuladora en la liberación de la GnRH-LH. En adición se ha reportado que, otros aminoácidos contenidos en el reconstituyente metabólico utilizado en el presente estudio, como la glutamina, la prolina, y la glicina, regulan el crecimiento, el desarrollo, la lactancia y que participan en los eventos reproductivos (Wu, 2010); o en aquellos relacionados con la fertilidad y la neurotransmisión (Wu, 2014).

En el presente estudio se observó reducción de tiempo para el inicio del estro en las cabras tratadas con el reconstituyente metabólico, esta respuesta difiere con los resultados de Pinheiro *et al.* (2012) quienes observaron que el inicio del estro fue igual significativamente en cabras tratadas con diferente dosificación de insulina en la sincronización del estro con progestágenos y PGF $2\alpha$ . En cabras y ovejas la insulina reduce la atresia folicular y aumenta la cantidad de folículos ováricos que dependen de gonadotropinas; además, se ha confirmado que es posible manipular la tasa de ovulación, al estimular la actividad de los moduladores ováricos, como el IGF-I, mediante cambios en el sistema insulina-glucosa (Meza-Herrera *et al.*, 2008). Hernández-Marín *et al.* (2016) reportaron en un estudio en ovejas, que el tratamiento con un reconstituyente metabólico, similar al utilizado en el presente estudio, el contenido de L-arginina, ácido aspártico y el ácido glutámico participan como aminoácidos neuroestimuladores con acción endócrina en la actividad ovárica. Por lo anterior, es posible que en el presente estudio la reducción en el inicio del estro de las cabras respondió a la acción de los aminoácidos neuroestimuladores contenidos en el reconstituyente metabólico, debido a que la respuesta en la actividad reproductiva en la hembra puede modificarse con la suplementación de energía o proteína, ya sea en las rutas neuroendocrinas que dependen de las hormonas metabólicas o por los niveles circulantes de la FSH y la LH (Meza-Herrera *et al.*, 2014) o en aquellas involucradas en la secreción de la GnRH (Mahesh & Brann, 2005; Wu, 2010; Alvarez-Cardona *et al.*, 2019).

Ruiz *et al.* (2002) sincronizaron el estro en cabras con 325 mg de cloprostenol con un protocolo de 12 d de duración y registraron el inicio del estro a las  $90.7\pm 11.6$  h; mientras que, Khanthusaeng *et al.* (2013) registraron  $38.5\pm 1.5$  h al sincronizar el estro en cabras con CIDR durante 14 d más 300 UI de hCG al momento de retirar el CIDR; dichos valores difieren con el inicio del estro obtenido en la presente investigación. Las diferencias en los valores para el inicio del estro se debe a la duración del protocolo hormonal y la dosis empleada, debido a que la sincronización del estro con dispositivos intravaginales liberadores de progesterona (CIDR) y con gonadotropinas, incrementa la cantidad de folículos reclutados, aumenta el diámetro máximo y la tasa de crecimiento de los folículos





grandes en la primera onda de crecimiento folicular (Uribe-Velásquez *et al.*, 2008). Por el contrario, cuando se administran gonadotropinas en combinación con prostaglandinas, permite mayor tiempo de actividad, responde con mejor reclutamiento y maduración de folículos y ovocitos (Abecia *et al.*, 2011); sin embargo, la presentación del estro varía de 24 a 96 h y depende de raza, edad, época reproductiva, presencia del macho cabrío y los tipos de protocolos de manejo reproductivo a utilizar (Fatet *et al.* 2011). De acuerdo con las recomendaciones de bienestar animal, las empresas farmacéuticas y los avances en investigación, han desarrollado posibles alternativas basadas en la reducción de la duración o la dosis de los tratamientos hormonales (Abecia *et al.*, 2011). Por lo tanto, es importante considerar la dosis adecuada para cada fin reproductivo, con el objetivo de utilizar la dosis óptima, pero eficiente para alcanzar los propósitos del rebaño.

La duración del estro obtenida en la presente investigación es mayor a la reportada por Khanthusaeng *et al.* (2013), quienes obtuvieron  $27.0 \pm 1.2$  h al sincronizar el estro en cabras con CIDR durante 14 d más 300 UI de hCG al momento de retirar el CIDR. Los CIDR resultan en gran sincronía de estro cuando son asociados con agentes luteolíticos; además de altas tasas de fertilidad (Fatet *et al.*, 2011; Bukar *et al.*, 2012).

Se ha confirmado que la P<sub>4</sub> y sus análogos sintéticos son eficientes para inducir y sincronizar el estro en cabras, debido a que la influencia de las gonadotropinas en los ovarios estimula el crecimiento folicular en cabras cíclicas o no, y maximiza las tasas de ocurrencia de estro (Omontese *et al.*, 2013). Por lo anterior, los resultados del presente estudio sugieren que la duración del estro se obtuvo por una parte a la respuesta del protocolo hormonal, al reducir la duración de la fase lútea del ciclo estral, mediante la acción de la prostaglandina o al controlar de manera artificial esta fase, utilizando los dispositivos intravaginales impregnados con P<sub>4</sub>; debido a que la P<sub>4</sub> y los progestágenos, asociados a gonadotropinas y agentes luteolíticos, logran resultados para la inducción y la sincronización del estro (Abecia *et al.*, 2012). Al respecto, los factores reportados que inciden en la respuesta del estro después de aplicar PGF<sub>2</sub>α o sus análogos son la dosis empleada, el intervalo entre la administración de la dosis y la capacidad de respuesta del cuerpo lúteo a la PGF<sub>2</sub>α o la etapa del ciclo estral, la época del año y la combinación con gonadotropinas como tratamiento hormonal (Fierro *et al.*, 2013).

Por otro lado, es posible que la acción de los aminoácidos como arginina, aspartato y glutamato, contenidos en el reconstituyente metabólico, pudieron haber influido en la duración del estro en las cabras en el presente estudio. Se ha reportado que el suministro de metionina aumenta la capacidad del hígado para transportar triacilglicerol, el cual sirve como reserva energética; por lo que la administración de un reconstituyente energético combinado con propilenglicol oral mejora los resultados reproductivos proporcionando un sustrato de glucosa (Jeong *et al.*, 2018). Meza-Herrera *et al.* (2014) concluyeron que la administración de glutamato a corto plazo durante la fase folicular aumenta la cantidad de folículos ováricos con antro y la tasa ovulatoria en cabras cíclicas adultas, lo cual indica



que el glutamato participa en la regulación de la liberación gonadotrópica y en el ciclo ovulatorio de la hembra (Meza-Herrera *et al.*, 2020). Sin embargo, es importante conocer el mecanismo por el cual los perfiles de estos aminoácidos afectan los metabolitos, las hormonas metabólicas y reproductivas que actúan como señales directas en los folículos ováricos para regular la foliculogénesis y en la respuesta al inicio y duración del estro; por ejemplo, un mecanismo alternativo como respuesta a la sincronización del estro es el efecto nutricional inmediato sobre el desarrollo folicular ovárico, debido a que implica acciones nutricionales directas a nivel ovárico (Scaramuzzi *et al.*, 2010); aunque la influencia de la manipulación nutricional a corto plazo durante la fase lútea sobre la foliculogénesis podría no deberse a la variación del perfil de los aminoácidos a nivel intrafolicular, sino a la alteración del perfil de los aminoácidos en sangre periférica (Nie *et al.*, 2018). Por tanto, es posible que a nivel ovárico la cantidad de P<sub>4</sub> no se afecte por el consumo o el aporte energético; sino a una respuesta insuficiente a la nutrición por el cuerpo lúteo para secretar P<sub>4</sub> requerida durante la fase lútea del ciclo estral (Ying *et al.*, 2011). Así, la incidencia de un cuerpo lúteo anormal puede relacionarse con la capacidad de P<sub>4</sub> endógena de las cabras para mostrar un ciclo estral corto o en la duración del estro.

Estudios realizados en la sincronización del estro en cabras, reportan valores que difieren con los resultados obtenidos en la presente investigación en fertilidad (Uribe-Velásquez *et al.*, 2011), fecundidad (Hashemi & Safdarian, 2017) y prolificidad (Pérez-Clariget *et al.* (2012). La fisiología reproductiva de las cabras se ha investigado extensamente, incluido el control hipotalámico y adenohipofisiario del ovario relacionado con el comportamiento sexual y el ciclo estral. A su vez, los protocolos hormonales comerciales se diseñaron con el objetivo de controlar la función lútea mediante la administración de progesterona exógena durante 10 a 14 días (protocolos a largo plazo; Luo *et al.*, 2019). En este sentido, es posible que la duración por 12 d del protocolo hormonal utilizado en el presente estudio haya agrupado los estros y sincronizado el momento de la ovulación, más que haber influido en la fertilidad de las cabras, debido a que el tratamiento hormonal fue igual para los tres tratamientos experimentales. Por lo anterior, es posible describir que la formación y el desarrollo de los folículos ováricos y la ovulación generada con los protocolos hormonales dependen completamente de los efectos combinados de la producción y secreción de las gonadotropinas, y que la selección de los folículos ováricos dominantes depende básicamente del nivel de gonadotropina en sangre y de la expresión de los receptores hormonales en los folículos ováricos (Graff *et al.*, 2000).

Además, diversos factores que influyen en la respuesta reproductiva han sido reportados, algunos de éstos sugieren que valores mayores de fertilidad se obtienen con mayor número de folículos ováricos desarrollados (Barioglio *et al.*, 1997), al emplear monta natural controlada en lugar de inseminación artificial (Martínez-Rojero *et al.* 2006), al utilizar diferente protocolo hormonal y emplear monta natural controlada (Pérez-Clariget



*et al.*, 2012) o protocolos hormonales cortos e inseminación artificial a tiempo fijo (Menchaca & Rubianes, 2007).

El uso de protocolos hormonales con CIDR u otros progestágenos solos o en combinación con PGF2 $\alpha$  y eCG, son igual de eficientes en la sincronización del estro en cabras; sin embargo, a pesar de que los CIDR contienen una hormona menos potente (P<sub>4</sub>; Bukar *et al.*, 2012) la eficacia de estos protocolos hormonales se puede mejorar con estrategias de manejo nutricional durante la sincronización del estro. Al respecto, es posible que los resultados de fecundidad y prolificidad obtenidos en las cabras del presente estudio se deben a la respuesta del tratamiento con el reconstituyente metabólico durante la sincronización del estro.

Se ha reportado que la respuesta de la nutrición se observa al complementar la ración alimenticia con aminoácidos neuroestimuladores (Wu, 2010), energía (Schneider *et al.*, 2012), al ofrecer elementos traza (Vázquez-Armijo *et al.*, 2011); y que la actividad ovárica en cabras se mejora con la aplicación de selenio (Se) de manera individual o unido a aminoácidos como cistina o metionina, como una forma menos tóxica (Spallholz, 1994). Por tanto, la función de la nutrición en la actividad ovárica se debe a alteraciones en la secreción o liberación de la FSH y la LH por parte de la adenohipófisis, por una reacción negativa a nivel ovárico en respuesta a las gonadotropinas, o por la misma regulación hormonal metabólica o del eje reproductivo (Rodrigues *et al.*, 2015).

En contraste, aun cuando los efectos del tratamiento con el reconstituyente metabólico utilizado en el presente estudio, por su contenido en aminoácidos neuroestimuladores, sobre la actividad ovárica no ha sido reportada ampliamente, en particular en el desarrollo folicular ovárico y la tasa ovulatoria, pero si su respuesta sobre la secreción de algunas hormonas reproductivas; por ejemplo, la arginina propicia la liberación de la LH en hembras prepúberes, el aspartato incrementa la liberación de la LH y la testosterona en machos, el glutamato estimula al pico preovulatorio de la LH, acelera el inicio de la pubertad y el comportamiento reproductivo (Mahesh & Brann, 2005). La respuesta de algunos aminoácidos neuroestimuladores también se han reportado en la eficiencia reproductiva en cabras (Meza-Herrera *et al.*, 2008; Meza-Herrera *et al.*, 2010; Meza-Herrera *et al.*, 2014; Meza-Herrera *et al.*, 2020) y en ovejas (Hernández-Marín *et al.*, 2016; Fraire-Cordero *et al.*, 2018; Nie *et al.*, 2018). En adición, es importante considerar que este producto también se utiliza como vitamínico, bioenergético, activador metabólico y regulador del metabolismo proteico, glúcido y lipídico; por tanto, es posible comprender la acción de algunos de sus componentes y describir su respuesta metabólica o reproductiva durante la sincronización del estro con CIDR, PGF2 $\alpha$  y eCG.

Además de protocolos hormonales en cabras, se ha reportado que tratamientos con glicerol vía oral durante los primeros seis días del crecimiento embrionario, se favorece



la supervivencia del embrión, lo que aumenta la cantidad de cabras preñadas y la prolificidad (Aguilar *et al.*, 2016). El mantenimiento de la preñez en cabras depende de la de la concentración de P<sub>4</sub> secretada por el cuerpo lúteo, la cual depende a su vez, del balance de factores luteotrópicos y luteolíticos (LH y PGF2 $\alpha$ ; Ford *et al.*, 1996).

Es posible que, la diferencia en fecundidad y prolificidad de las cabras tratadas con el reconstituyente metabólico, en el presente estudio haya resultado por la cantidad de nutrientes aprovechables, energía o aminoácidos neuroestimuladores suministrados durante la sincronización del estro. Lo anterior responde a que el aporte energético o las reservas corporales para el metabolismo de la energía se relacionan con la tasa ovulatoria en la hembra (Vázquez-Armijo *et al.*, 2011). Al respecto, se ha reportado que el aumento de la tasa de ovulación y la prolificidad en pequeños rumiantes se ha logrado de manera práctica mediante tratamientos hormonales y por medio del incremento del aporte energético en la dieta (*flushing*; Aguilar *et al.*, 2016). Por tanto, existe la probabilidad de que en el presente estudio las cabras tratadas con el reconstituyente metabólico durante la sincronización del estro, con el protocolo hormonal de 12 d, presentaron un balance hormonal de gonadotropinas en el eje reproductivo, mantuvieron una adecuada secreción de P<sub>4</sub>, y por lo tanto mejoraron la tasa ovulatoria; aunque aún no se comprende completamente el mecanismo de acción del *flushing*. Las evidencias indican que sus efectos se producen a nivel ovárico, son independientes de las concentraciones de las gonadotropinas y se relacionan con un incremento en la concentración sanguínea de glucosa e insulina (Dupont *et al.*, 2014). Estienne *et al.* (1991) reportaron que los aminoácidos neuroestimuladores controlan la secreción de la LH mediante los mecanismos que regulan la secreción de GnRH del hipotálamo; así, la LH puede llegar hasta el tejido lúteo y regular mediante un efecto indirecto, la secreción de P<sub>4</sub>; lo cual posiblemente describa la regulación hormonal del cuerpo lúteo y su respuesta en el incremento de la tasa ovulatoria y la cantidad de crías nacidas.

Algunos factores que provocan alteraciones en la actividad reproductiva durante la sincronización del estro en caprinos pueden ser controlados, y a su vez evaluados para mejorar la respuesta en la cantidad de crías nacidas por cabra tratada. Al respecto, se puede suponer que hembras con mayor cantidad de crías nacidas en respuesta al tratamiento experimental pueden tener potencial para dar nacimientos múltiples en posteriores partos. No obstante, se ha reportado que en cabras existe una correlación entre la edad de la cabra y la prolificidad, así las hembras mayores de 2.6 años registran prolificidad de 1.65 cabritos (Haldar *et al.*, 2014). Este valor es inferior al obtenido en la prolificidad de las cabras en el presente estudio; aún cuando las cabras presentaron edad promedio de 2.35 años. En adición, otras características también se pueden considerar para registrar diferencias en los valores de prolificidad, como la época reproductiva (Pinheiro *et al.*, 2012), la edad y condición corporal (Haldar *et al.*, 2014), duración y la dosis empleada de los tratamientos hormonales (Abecia *et al.*, 2011), el protocolo de



sincronización del estro (Abecia *et al.*, 2012), nutrición (Aguilar *et al.*, 2016), el ambiente (Dubeuf, 2011), entre otros. Por el contrario, se reporta que el cloruro de sodio tiene un impacto en el control hormonal y en el equilibrio energético en ovinos; así, concentraciones altas de cloruro de sodio pueden cambiar la respuesta hormonal en ovejas, como una alteración en la concentración de progesterona que resulte en partos complicados; lo cual afecta directamente la capacidad reproductiva en ovinos (Digby *et al.*, 2011).

Con base en lo anterior, se debe considerar que el conocimiento de la acción de los metabolitos energéticos y proteínicos, así como de los aminoácidos neuroestimuladores, generan opciones de manejo de manera técnica y económica, capaces de incrementar la eficiencia reproductiva de un rebaño, con la ventaja de controlar los eventos reproductivos a partir de métodos naturales no hormonales, basados en la fisiología reproductiva y de la nutrición. Por lo tanto, se sugiere realizar más investigación que describa la acción de los componentes del reconstituyente metabólico y su respuesta a nivel ovárico y de las variables evaluadas en la sincronización del estro en cabras.

## CONCLUSIONES

La acción de un reconstituyente metabólico reduce el inicio del estro, e incrementa la fecundidad y la prolificidad sin afectar la respuesta, duración y retorno al estro; así como la fertilidad como respuesta a la sincronización del estro en cabras Saanen x Alpina.

## LITERATURA CITADA

ABECIA JA, Forcada F, González-Bulnes A. 2011. Pharmaceutical control of reproduction in sheep and goats. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 27: 67-79. ISSN: 0749-0720. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2010.10.001>

ABECIA JA, Forcada F, González-Bulnes A. 2012. Hormonal control of reproduction in small ruminants. *Animal Reproduction Science*. 130(3-4): 173-179. ISSN: 0378-4320. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.01.011>

AGUILAR U, Hernández Cerón J, Domínguez Y, Gutiérrez CG. 2016. Ovulation rate, prolificacy and pregnancy rate in goats treated with oral glycerol. *Veterinaria México OA*. 1: 1-9. ISSN: 2448-6760. <https://doi.org/10.21753/vmoa.3.1.360>

ALVAREZ-Cardona F, Maki-Díaz G, Franco-Robles E, Cadena-Villegas S, Hernández-Marín A. 2019. L-Arginina, Aspartato y Glutamato, y su relación con la reproducción de ovejas. Revisión. *Abanico Veterinario*. 9(1):1-13. ISSN: 2448-6132. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2019.929>





BARIOGLIO C, Deza M, Arias M, Varela L, Bonardi C, Villar M. 1997. Evaluación de algunos parámetros reproductivos en cabras criollas. *AgriScientia*. 14: 37-42. ISSN: 1668-298X. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/agris/article/view/2526/1471>

BUKAR MM, Yusoff R, Haron AW, Dhaliwal GK, Khan MA, Omar MA. 2012. Estrus response and follicular development in Boer does synchronized with flugestone acetate and PGF2 $\alpha$  or their combination with eCG or FSH. *Tropical Animal Health and Production*. 2012. 44(7): 1505-1511. ISSN: 1573-7438. <https://doi.org/10.1007/s11250-012-0095-3>

DIGBY SN, Chadwick MA, Blache D. 2011. Salt intake and reproductive function in sheep. *Animal*. 5(8): 1207-1216. ISSN: 1751-7311. <https://doi.org/10.1017/S1751731111000152>

DUBEUF JP. 2011. The social and environmental challenges faced by goat and small livestock local activities: Present contribution of research-development and stakes for the future. *Small Ruminant Research*. 98(1-3): 3-8. ISSN: 0921-4488. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.03.008>

DUPONT J, Scaramuzzi RJ, Reverchon M. 2014. The effect of nutrition and metabolic status on the development of follicles, oocytes and embryos in ruminants. *Animal*. 8(7): 1031-1044. ISSN: 1751-7311. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000937>

ESCAREÑO SLM, Wurzinger M, Pastor LF, Salinas H, Sölkner J, Iñiguez L. 2011. La cabra y los sistemas de producción caprina de los pequeños productores de la Comarca Lagunera, en el norte de México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 17: 235-246. ISSN: 2007-4018. <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.10.087>

ESTIENNE MJ, Barb CR, Kesner JS, Kraeling RR, Rampacek GB. 1991. Luteinizing hormone secretion in hypophysial stalk-transected gilts given hydrocortisone acetate and pulsatile gonadotropin-releasing hormone. *Domestic Animal Endocrinology*. 8(3): 407-414. ISSN: 0739-7240. [https://doi.org/10.1016/0739-7240\(91\)90008-8](https://doi.org/10.1016/0739-7240(91)90008-8)

FATET A, Pellicer-Rubio MT, Leboeuf B. 2011. Reproductive cycle of goats. *Animal Reproduction Science*. 124(3-4): 211-219. ISSN: 0378-4320. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.08.029>

FIERRO S, Gil J, Viñoles C, Olivera-Muzante J. 2013. The use of prostaglandins in controlling estrous cycle of the ewe: A review. *Theriogenology*. 79: 399-408. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.10.022>



FORD MM, Thorburn GD, Caddy DJ, Young IR. 1999. Pulsatile output of prostaglandin F2 $\alpha$  does not increase around the time of luteolysis in the pregnant goat. *Biology of Reproduction*. 61(2): 411-415. ISSN: 1529-7268.

<https://doi.org/10.1095/biolreprod61.2.411>

FRAIRE-Cordero S, Pérez Rodríguez P, Pérez-Hernández P, Cortez-Romero C, Gallegos-Sánchez J. 2018. Reproductive response of Pelibuey sheep to the application of recombinant bovine somatotropin and a metabolic restorative preparation. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 53(12): 1392-1398. ISSN: 1678-3921.

<https://doi.org/10.1590/s0100-204x2018001200012>

GHOSH CP, Datta S, Mandal D, Das AK, Roy DC, Roy A, Tudu NK. 2019. Body condition scoring in goat: Impact and significance. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 7(2): 554-560. ISSN: 2349-6800.

<https://www.entomoljournal.com/archives/2019/vol7issue2/PartJ/7-2-62-202.pdf>

GRAFF KJ, Meintjes M, Han Y, Reggio BC, Denniston RS, Gavin WG, Ziomek C, Godke RA. 2000. Comparing follicle stimulating hormone from two commercial sources for oocyte production from out-of-season dairy goats. *Journal of Dairy Science*. 83: 484-487.

[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74907-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74907-1)

HALDAR A, Pal P, Datta M, Paul R, Pal SK, Majumdar D, Biswas CK, Pan S. 2014. Prolificacy and its relationship with age, body weight, parity, previous litter size and body linear type traits in meat-type goats. *Asian-Australas Journal of Animal Science*. 27(5): 628–634. ISSN: 1011-2367. <https://doi.org/10.5713/ajas.2013.13658>

HASHEMI M, Safdarian M. 2017. Efficiency of different methods of estrus synchronization followed by fixed time artificial insemination in Persian downy does. *Animal Reproduction*. 14(2): 413-417. ISSN: 1984-3143. <http://dx.doi.org/10.21451/1984-3143-AR825>

HERNÁNDEZ-Marín JA, Pro-Martínez A, Cortez-Romero C, Pérez-Hernández P, Herrera-Corredor CA, Gallegos-Sánchez J. 2016. Ovulation induction with male effect and a commercial energy tonic in prepubertal Pelibuey ewes. *Agrociencia*. 50(7): 811-823. ISSN: 1405-3195. <https://agrociencia-colpos.mx/index.php/agrociencia/article/view/1251>

JEONG JK, Choi IS, Moon SH, Lee SC, Kang HG, Jung YH, Park SB, Kim IH. 2018. Effect of two treatment protocols for ketosis on the resolution, postpartum health, milk yield, and reproductive outcomes of dairy cows. *Theriogenology*. 106: 53-59. ISSN: 0093-691X.

<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.09.030>



KAJAYSRI J, Thammakarn C. 2012. Estrus synchronization using intravaginal medroxyprogesterone acetate (MAP), MAP plus prostaglandin F<sub>2α</sub>, controlled internal drug release (CIDR) or CIDR plus prostaglandin F<sub>2α</sub> in Saanen dairy goats in Thailand. *Kasetsart Journal (Natural Science)*. 46: 71-79. ISSN: 00755192. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/anres/article/view/242749/165640>

KHANTHUSAENG V, Navanukraw C, Moonmanee T, Thammasiri J. 2013. Efficiency comparison of first use and re-use synthetic progesterone on estrus synchronization and pregnancy rates after natural breeding and Timed AI in goats. *Chiang Mai Veterinary Journal*. 11: 31-40. ISSN: 1685-9502.  
[https://www.vet.cmu.ac.th/cmvi/document/journal/2556\\_5\\_e.pdf](https://www.vet.cmu.ac.th/cmvi/document/journal/2556_5_e.pdf)

LUO J, Wang W, Sun S. 2019. Research advances in reproduction for dairy goats. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 32(8): 1284-1295. ISSN: 1976-5517.  
<https://doi.org/10.5713/ajas.19.0486>

MAHESH B, Brann DW. 2005. Regulatory role of excitatory amino acids in reproduction. *Endocrine*. 28(3): 271-280. ISSN: 1559-0100. <https://doi.org/10.1385/ENDO:28:3:271>

MAIA ALRS, Brandão FZ, Souza-Fabjana JMG, Balara MFA, Oliveira MEF, Facó O, Fonseca JF. 2017. Reproductive parameters of dairy goats after receiving two doses of d-cloprostenol at different intervals. *Animal Reproduction Science*. 181: 16-23. ISSN: 0378-4320. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2017.02.013>

MARTIN GB, Blache D, Miller DW, Vercoe PE. 2010. Interactions between nutrition and reproduction in the management of the mature male ruminant. *Animal*. 4(7): 1214-1226. ISSN: 1751-7311. <https://doi.org/10.1017/S1751731109991674>

MARTÍNEZ-Rojero RD, Hernández-Ignacio J, Hernández-Hernández H, Michel-Aceves AC, Valencia-Méndez J. 2006. Inseminación artificial intrauterina en cabras criollas con semen refrigerado. *Agrociencia*. 40: 71-76. ISSN: 1405-3195. <https://agrociencia-colpos.mx/index.php/agrociencia/article/view/442/442>

MENCHACA A, Miller V, Salveraglio V, Rubianes E. 2007. Endocrine, luteal and follicular responses after the use of the short-term protocol to synchronize ovulation in goats. *Animal Reproduction Science*. 102(1-2): 76-87. ISSN: 0378-4320.  
<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2006.10.001>

MENCHACA A, Rubianes E. 2007. Pregnancy rate obtained with short-term protocol for timed artificial insemination in goats. *Reproduction in Domestic Animals*. 42(6): 590-593. ISSN: 1439-0531. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2006.00827.x>



MEZA-Herrera CA, González-Velázquez A, Veliz-Deras FG, Rodríguez-Martínez R, Arellano-Rodríguez G, Serradilla JM, García-Martínez A, Avendaño-Reyes L, Macías-Cruz U. 2014. Short-term glutamate administration positively affects the number of antral follicles and the ovulation rate in cyclic adult goats. *Reproductive Biology*. 14(4): 298-301. ISSN: 1642-431X. <https://doi.org/10.1016/j.repbio.2014.05.001>

MEZA-Herrera CA, Hallford DM, Ortiz JA, Cuevas RA, Sanchez JM, Salinas H, Mellado M, 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. ISSN: 0378-4320. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2007.06.004>

MEZA-Herrera CA, Veliz Deras FG, Wurzinger M, López Ariza B, Arellano Rodríguez G, Rodríguez Martínez R. 2010. The kiss-1-kisspeptin-gpr-54 complex: a critical modulator of GnRH neurons during pubertal activation. *Journal of Applied Biomedicine*. 8(1): 1-9. ISSN: 1214-021X. <https://doi.org/10.2478/v10136-009-0001-0>

MEZA-Herrera CA, Vergara-Hernández HP, Paleta-Ochoa A, Álvarez-Ruiz AR, Veliz-Deras FG, Arellano-Rodríguez G, Rosales-Nieto CA, Macías-Cruz U, Rodríguez-Martínez R, Carrillo E. 2020. Glutamate supply reactivates ovarian function while increases serum insulin and triiodothyronine concentrations in Criollo x Saanen-Alpine yearlings' goats during the anestrus season. *Animals*. 10(2): 234. ISSN: 2076-2615. <https://doi.org/10.3390/ani10020234>

MONTES-Quiroz GL, Sánchez-Dávila F, Grizelj J, Bernal-Barragán H, Vazquez-Armijo JF, del Bosque-González AS, Luna-Palomera C, González Gómez A, Ledezma-Torres RA. 2018. The reinsertion of controlled internal drug release devices in goats does not increase the pregnancy rate after short oestrus synchronization protocol at the beginning of the breeding season. *Journal of Applied Animal Research*. 46: 714-719. ISSN: 0974-1844. <https://doi.org/10.1080/09712119.2017.1386109>

NIE HT, Wang Z, Guomin MZ, Wang F. 2018. Amino acids profile within peripheral blood and follicular fluid based on high-performance liquid chromatography methods may explain differences in folliculogenesis between short-term under/over-fed treatments during luteal phase of Hu sheep. *Reproduction in Domestic Animals*. 54: 72-82. ISSN: 0936-6768. <https://doi.org/10.1111/rda.13327>

NOGUEIRA DM, Lopes Júnior ES, Moraes de Peixoto R, Christilis M, Rodrigues Martins S, Oliveira do Mont AP. 2011. Using the same CIDR up to three times for estrus synchronization and artificial insemination in dairy goats. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. 33 (3): 321-325. ISSN: 1807-8672. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v33i3.10120>



O'BRIEN D, Wildeus S. 2019. Optimizing reproductive performance in the goat herd. *Professional Agricultural Workers Journal*. 6 (2): 78-87. ISSN: 2328-3742. <https://tuspubs.tuskegee.edu/pawj/vol6/iss2/12>

OMONTESE B, Rekwot P, Rwuaan J, Nwannenna A. 2014. Comparison of short-term vs. longterm progestin treatments for synchronization of oestrus in Red Sokoto does during the rainy season. *Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology*. 115(1): 1-374. ISSN: 1742-7843. [https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/bcpt.12259\\_16](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/bcpt.12259_16)

OMONTESE BO, Rekwot PI, Makun HJ, Ate IU, Rwuaan JS, Kawu MU. 2013. Oestrus induction using fluorogestone acetate sponges and equine chorionic gonadotrophin in red Sokoto goats. *South African Journal of Animal Science*. 43(1): 68-73. ISSN: 2221-4062. <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v43i1.8>

OMONTESE BO. 2018. Estrus synchronization and artificial insemination in goats (Chapter 7). London, United Kingdom. Kukovics S, (ed). Goat Science, IntechOpen. ISBN 978-1-78923-203-5. <https://www.intechopen.com/chapters/59289>

PÉREZ-Clariget R, Garese-Raffo JA, Fleischmann-Techera R, Ganzábal-Planinich A, González-Stagnaro C. 2012. Sincronización de celos en cabras en estación reproductiva: uso de esponjas de medroxiprogesterona o aplicación de prostaglandina después de cinco días de detección de celos. *Revista Científica FCV-LUZ*. 22(3): 245-251. ISSN: 0798-2259. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95922219008>

PINHEIRO ESP, Rondina D, Galeati G, Freitas VJF, Souza AL, Teixeira DIA, Almeida KC, Gavoni N, Lima IMT. 2012. Estrus and ovarian responses following the administration of different insulin doses following progestagen-cloprostenol treatment in mated does during the dry season. *Small Ruminant Research*. 105(1-3): 282-285. ISSN: 0921-4488. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.03.003>

REKIK M, Lassoued N, Salem HB, Mahouachi M. 2007. Interactions between nutrition and reproduction in sheep and goats with particular reference to the use of alternative feed sources. In : Priolo A (ed.), Bion di L (ed.), Salem HB (ed.), Morand-Fehr P (ed.). Advanced nutrition and feeding strategies to improve sheep and goat. Zaragoza, España: CIHEAM. Pp. 375-383. (Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens; no. 74). 11. Seminar of the FAO-CIHEAM Sub-Network on Sheep and Goat Nutrition, 2005/09/08-10, Catania (Italy). <http://om.ciheam.org/om/pdf/a74/00800404.pdf>





RIVAS-Muñoz R, Zúñiga-García S, Arellano-Rodríguez G, Arellano-Rodríguez F, Gaytán-Alemán L, Contreras-Villarreal V. 2021. Efecto de un protocolo de prostaglandina a corto plazo sobre la sincronización y resultados reproductivos en las cabras cíclicas. *Abanico Veterinario*. 11: 1-10. ISSN: 2448-6132. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2021.14>

RODRIGUES M, Moreira Silva L, Gomes da Silva CM, Araújo AA, Sousa Nunes-Pinheiro DC, Rondina D. 2015. Reproductive and metabolic responses in ewes to dietary protein supplement during mating period in dry season of northeast Brazil. *Ciencia Animal Brasileira*.16(1): 24-36. ISSN: 1809-6891.  
<http://dx.doi.org/10.1590/1089-6891v16i124613>

RUÍZ R, Fernández JL, de la Vega AC, Rabasa AE. 2002. Evaluación de diferentes tratamientos hormonales para la sincronización del estro en cabras criollas serranas durante el verano. *Zootecnia Tropical*. 20(4): 473-482. ISSN: 0798-7269.  
[http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-72692002000400004&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692002000400004&lng=es&tlng=es)

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación). 1995. Especificaciones y características zoonosanitarias para el transporte de animales, sus productos y subproductos, productos químicos, farmacéuticos, biológicos y alimenticios para uso en animales o consumo por éstos. Norma Oficial Mexicana 024-ZOO-1995, México: Diario Oficial de la Federación, pp. 41-46.  
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/202301/NOM-024-ZOO-1995\\_161095.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/202301/NOM-024-ZOO-1995_161095.pdf)

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación). 1995. Trato humanitario en la movilización de animales. Norma Oficial Mexicana 051-ZOO-1995, México: Diario Oficial de la Federación, pp. 42-67.  
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/203479/NOM-051-ZOO-1995\\_230398.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/203479/NOM-051-ZOO-1995_230398.pdf)

SALLEH SM, Hassan Basri AM, Yaakub H. 2021. Study of sexual behaviours with different types of estrus synchronization protocols in Boer goats. *Animal Reproduction*. 18(3): 1-10. ISSN: 1984-3143. <https://doi.org/10.1590/1984-3143-AR2020-0038>

SAS Institute. 2012. *Statistical Analysis Software SAS/STAT®*. version 9.4, Cary, N.C., USA: SAS Institute Inc., ISBN: 978-1-60764-599-3.  
[https://www.sas.com/es\\_es/software/stat.html](https://www.sas.com/es_es/software/stat.html)



SCARAMUZZI RJ, Brown HM, Dupont J. 2010. Nutritional and metabolic mechanisms in the ovary and their role in mediating the effects of diet on folliculogenesis: A perspective. *Reproduction in Domestic Animal*. 45(S3): 32-41. ISSN: 1439-0531.

<https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2010.01662.x>

SCHNEIDER JE, Klingerman CM, Abdulhay A. 2012. Sense and nonsense in metabolic control of reproduction. *Frontiers in Endocrinology*. 3(26): 1-21. ISSN: 1664-2392.

<https://doi.org/10.3389/fendo.2012.00026>

SHAPIRO SS, Wilk MB. 1965. An analysis of variance test for normality. *Biometrika*. 52(3/4): 591-611. <https://doi.org/10.2307/2333709>

SPALLHOLZ JE. 1994. On the nature of selenium toxicity and carcinostatic activity. *Free Radical Biology and Medicine*. 17: 45-64. ISSN: 0891-5849. [https://doi.org/10.1016/0891-5849\(94\)90007-8](https://doi.org/10.1016/0891-5849(94)90007-8)

SWELUM AAA, Alowaimer AN, Abouheif MA. 2015. Use of fluorogestone acetate sponges or controlled internal drug release for estrus synchronization in ewes: effects of hormonal profiles and reproductive performance. *Theriogenology*. 84: 498-503. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.03.018>

URIBE-Velásquez LF, Gutiérrez Toro C, Carreño Ortiz EE, Izquierdo Jiménez JH, Lenz Souza MI, Ángel Botero S. 2011. Reutilización del dispositivo de progesterona (CIDR) asociado con protocolos de corta duración en cabras. *Veterinaria e Zootecnia*. 5(1): 39-46. ISSN: 0102-571.

<https://link.gale.com/apps/doc/A303449861/IFME?u=anon~6a34250f&sid=googleScholar&xid=b47d8ac3>

URIBE-Velásquez LF, Oba E, Souza MIL. 2008. Población folicular y concentraciones plasmáticas de progesterona en ovejas sometidas a diferentes protocolos de sincronización. *Archivos de Medicina Veterinaria*. 40: 83-88. ISSN: 0301-732X.

<http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2008000100012>

VÁZQUEZ-Armijo JF, Rojo R, López D, Tinoco JL, González A, Pescador N, Domínguez-Vara IA. 2011. Trace elements in sheep and goats reproduction: A review. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 14: 1–13. ISSN: 1870-0462.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93915703039>

WALKDEN-Brown SW, Restall BJ, Norton BW, Scaramuzzi RJ, Martin GB. 1994. Effect of nutrition on seasonal patterns of LH, FSH and testosterone concentration, testicular mass, sebaceous gland volume and odour in Australian cashmere goats. *Journal Reproduction and Fertility*. 102: 351–360. ISSN: 1741-7899.

<https://doi.org/10.1530/jrf.0.1020351>



WU G. 2010. Functional amino acids in growth, reproduction, and health. *Advances in Nutrition*. 1(1): 31-37. ISSN: 2156-5376. <https://doi.org/10.3945/an.110.1008>

WU G. 2014. Dietary requirements of synthesizable amino acids by animals: a paradigm shift in protein nutrition. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 5(34): 1-12. ISSN: 2049-1891. <https://doi.org/10.1186/2049-1891-5-34>

YING S, Wang Z, Wang C, Nie H, He D, Jia R, Wu Y, Wan Y, Zhou Z, Yan Y, Zhang Y, Wang F. 2011. Effect of different levels of short-term feed intake on folliculogenesis and follicular fluid and blood plasma concentrations of lactate dehydrogenase, glucose, and hormones in Hu sheep during the luteal phase. *Reproduction*. 142: 699-710. ISSN: 1470-1626. <https://doi.org/10.1530/REP-11-0229>

[Errata Erratum](#)

<https://abanicoacademico.mx/revistasabanico-version-nueva/index.php/abanico-veterinario/errata>