



Abanico Veterinario. Janeiro-Dezembro 2022; 12:1-21. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2022.13>
Artigo Original. Recebido:24/08/2021. Aceito:21/05/2022. Publicado: 22/10/2022. Chave: e2021-56.
https://www.youtube.com/watch?v=CH_ijkl-Ems

Resposta reprodutiva de cabras Saanen x Alpina à aplicação de um restaurador metabólico durante a sincronização do estro

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



Cadena-Villegas Said*¹ , Velasco-Villanueva Diana² , Germán-Alarcón Carlos² ,
Salinas-Ríos Teódulo³ , Cortez-Romero Cesar⁴ , Hernández-Marín Antonio**⁵ 

¹Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina km 3 carretera Cárdenas-Huimanguillo, Tabasco, México. 86500. ²Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, carretera federal México-Texcoco km 38.5, Texcoco, Estado de México. México. 56230. ³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, Av. Universidad S/N, Col. Cinco Señores. Oaxaca de Juárez, Oaxaca. 68120. ⁴Posgrado 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. ⁵Departamento 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 para correspondência: **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.

RESUMO

Foi avaliada a acção de um restaurador metabólico como resposta ao cio em cabras Saanen x Alpina. Trinta e seis cabras multiparas foram atribuídas aleatoriamente a um de três tratamentos: T1 (n= 12): CIDR+eCG com restaurador metabólico (REC); T2 (n= 12): CIDR+eCG com solução isotónica (ISO); T3 (n= 12): CIDR+eCG (CONTROLO). Os dados foram avaliados para serem provenientes duma população normalmente distribuída. A resposta do Oestrous (ER), início do cio (OR), regresso ao cio (RET), gestação (GEST), parto (PAR) e fertilidade (FER) foram analisados por Kruskal-Wallis teste não paramétrico; duração do oestrous (ED), fecundidade (FEC) e prolificidade (PROL) por análise de variância e o teste de Tukey ($\alpha = 0,05$) foi utilizado para comparar meios entre tratamentos. Tratamento REC reduzido ($p < 0,05$) EI (T1: 20,78 h, T2: 32,54 h, T3: 33,68 h), aumento FEC (T1: 1,42, T2: 0,92, T3: 0,92) e aumento PROL (T1: 2,1, T2: 1,4, T3: 1,4). O tratamento ISO teve um efeito semelhante ao tratamento CONTROLO ($p > 0,05$) sobre as variáveis de estudo. A restauração metabólica durante a sincronização do cio em cabras Saanen x Alpina reduz o aparecimento do cio e aumenta a fecundidade e a prolificidade.

Palavras-chave: Aminoácidos, fecundidade, gonadotropinas, progestagénios, prolificidade.

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.

INTRODUÇÃO

Muitas estratégias estão actualmente a ser exploradas para melhorar a capacidade reprodutiva dos animais de produção, com o objectivo de satisfazer as necessidades de produção de carne, leite e peles (Omontese, 2018); assim, ao aumentar os eventos fisiológicos reprodutivos das fêmeas de qualquer espécie animal, há um aumento da prolificabilidade, variáveis produtivas e conseqüentemente um rendimento económico mais elevado para o produtor (Dubeuf, 2011). O conhecimento da fisiologia reprodutiva dos caprinos tem impacto no desenvolvimento e aplicação de protocolos práticos de gestão reprodutiva que melhoram a eficiência produtiva e reprodutiva (Hashemi & Safdarian, 2017). Portanto, sabe-se que quando as cabras não recebem uma gestão reprodutiva estratégica, a sazonalidade reprodutiva torna-se sazonalidade produtiva; resultando num problema comercial para os produtores (Escareño *et al.*, 2011).

A reprodução em caprinos pode ser controlada por métodos que envolvem a administração de hormonas exógenas que modificam o ciclo do oestro; por exemplo, a progesterona (P_4) ou os seus análogos que simulam a actividade do P_4 natural produzido no corpo lúteo (CL) durante a fase lútea após a ovulação. No caso das prostaglandinas ($PGF_{2\alpha}$) são uma alternativa para controlar a reprodução, eliminando o CL e induzindo a próxima fase folicular com ovulação (Abecia *et al.*, 2012); e administração de gonadotropina coriónica equina (eCG) em simultâneo com uma segunda injeção de $PGF_{2\alpha}$ ou retirada de progestogénio, aumenta a resposta destrutiva através de estimulação para que os folículos ovarianos atinjam a fase final de maturação, em protocolos de sincronização num rebanho caprino (Bukar *et al.*, 2012).

A hormona libertadora de gonadotropina (GnRH), o primeiro mensageiro envolvido no reinício da actividade cíclica reprodutiva em ovinos e caprinos, é controlada por diferentes neuromoduladores (Meza-Herrera *et al.*, 2010). Esta comunicação endócrina hipotalâmico-adenofisária pode ser favorecida pela acção de certos compostos que actuam como neurotransmissores, cuja actividade pode ser aumentada pela suplementação de aminoácidos neuroexcitatórios (AANE; Mahesh & Brann, 2005; Meza-Herrera *et al.*, 2014), tais como arginina, glutamato e aspartato (Alvarez-Cardona *et al.*, 2019). Sabe-se que a utilização de um restaurador metabólico contendo AINE por 100 mL: L-arginina, 240 mg; ácido aspártico, 150 mg; ácido glutâmico, 150 mg; que exercem



uma resposta sobre a actividade ovariana em ovelhas pré-púberes (Hernández-Marín *et al.*, 2016) ou para melhorar a percentagem de borrego e fecundidade em ovelhas tratadas com somatotropina bovina recombinante e um restaurador metabólico com um protocolo de indução de ovulação pós-parto de cinco dias (Fraire-Cordero *et al.*, 2018). A este respeito, a resposta de um tratamento parenteral de um restaurador metabólico durante a sincronização combinada do cio em caprinos não foi determinada. Assim, colocámos a hipótese de que a administração de um produto metabólico injectável que também contém aminoácidos neuroestimuladores (Metabolase[®], Fatro, Bolonha, Itália), combinado com um protocolo hormonal de CIDR para 12 d, e com PGF2 e eCG 48 h antes da retirada, poderia melhorar a resposta reprodutiva em caprinos. O objectivo da presente investigação era avaliar a acção de um restaurador metabólico sobre variáveis reprodutivas em resposta à sincronização do cio em cabras Saanen x Alpina.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização da área de estudo

A investigação foi realizada na zona ovina e caprina da Quinta Experimental do Departamento de Pecuária da Universidade Autónoma Chapingo, em Texcoco de Mora, Estado do México, situada a 19°29' N e 98°53'W, a uma altitude de 2250 m acima do nível do mar. Todos os animais foram conduzidos durante o desenvolvimento experimental de acordo com as Normas Oficiais Mexicanas NOM-024-ZOO-1995 (SAGARPA, 1995) e NOM-051-ZOOO-1995 (SAGARPA, 1995). A experiência foi supervisionada e o protocolo autorizado pelo Comité de Investigação AG (AG03-2021).

Características animais e alimentação

Trinta e seis cabras multipares Saanen x Alpina cruzadas com 54,12 6,34 kg de peso vivo, 28,2 4,18 meses de idade e condição corporal de 2,5 unidades na escala de 1 a 5 onde foram utilizados 1: desperdiçado e 5: obeso (Gosh *et al.*, 2019); adicionalmente, três cabras inteiras com 62,27 7,61 kg de peso vivo e 30,6 5,27 meses de idade; foram utilizadas para a detecção do estro e acasalamento natural controlado. Todos os animais foram mantidos em currais com sombra, com comedouros, bebedouros automáticos e chão sujo; onde receberam 2,5 kg de ração animal⁻¹ dia⁻¹ de ração oferecida das 8:00 às 9:00, que foi baseada numa mistura de *Zea mays* (silagem, 70%), *Medicago sativa* (fresco, 20%) e concentrado comercial (granulado, 10%).

Protocolo experimental e tratamentos

Os caprinos foram aleatoriamente atribuídos a um de três tratamentos experimentais: T1, n=12: protocolo de sincronização do cio + 100 mL restaurador metabólico (REC); T2,



n=12: protocolo de sincronização do cio + 100 mL solução isotónica (ISO); T3, n=12: protocolo de sincronização do cio (CONTROLO).

A sincronização do estro em caprinos consistiu na inserção de dispositivos intravaginais impregnados de progesterona (CIDR, P4: 0,3 g; Zoetis, México) durante 12 d durante este período. Cada cabra foi verificada duas vezes por dia (8:00 e 20:00 h) para verificar se o CIDR permaneceu inserido. Às 48 h antes da retirada, as prostaglandinas (PGF_{2α}: 5 mg, Dinoprost trometamina, Lutalyse®; Zoetis, México) e a gonadotropina coriônica equina (eCG: 200 U.I.; Folligon®; Intervet International, Países Baixos) foram aplicadas por via intramuscular; a primeira hormona para induzir algum CL ovariano à lise, e a segunda, para promover uma elevação subsequente nos níveis de E₂ e LH (Fatet *et al.*, 2011), favorecer o desenvolvimento folicular, obter a manifestação externa do cio (Abecia *et al.*, 2012) e a presença de um pico LH acompanhado de ovulação (Omontese *et al.*, 2014). A solução isotónica foi aplicada a fim de homogeneizar as condições experimentais com os produtos adicionais ao protocolo de sincronização. Assim, o reconstituente metabólico (REC; Metabolase®, Schütze-Segen, Itália) ou a solução isotónica (ISO; Hartmann® Solution; Finlay, Honduras) foram aplicados duas vezes durante a sincronização do cio. A primeira aplicação para os tratamentos T1 e T2, foi realizada 10 d após a inserção do CIDR, e 50 mL foram administrados por via intravenosa, respectivamente; e na segunda, 50 mL foram aplicados por via subcutânea no momento da remoção do CIDR (12 d).

Detecção e retorno do estro

As cabras foram detectadas em cio durante 60 min, oito horas após a remoção da CIDR, que foi repetida a cada 8 h (7:00, 15:00 e 23 h) durante 64 h. As cabras foram introduzidas no curral, colocadas num avental e entre os braços do veado, na região do esterno; foi aplicado um corante não tóxico com um lápis de cera, a fim de marcar e detectar as fêmeas em cio. Foi determinado que uma cabra estava em cio quando aceitou ser montada pelo corço, mostrando total imobilidade. As cabras foram então submetidas a acasalamento natural controlado imediatamente após a sua detecção. Início de cio (IC) e a duração do cio (DE) foram registados como o tempo decorrido (h) quando cada cabra aceitou a montagem pelo corço e mostrou imobilidade total durante a montagem. O regresso ao cio (RE) foi avaliado 21 d após a remoção do CIDR. A resposta de sincronização do cio (OSR) foi calculada expressando o número de caprinos em cio como uma percentagem do número total de caprinos tratados em cada tratamento.

Diagnóstico da gravidez

Esta variável foi determinada 45 dias após a inseminação por acasalamento natural utilizando um ultra-sonógrafo Vet 10 (Mindray) com um transdutor linear rectal de 5 MHz. As fêmeas com ou sem produto(s) fetal(ais) definido(s) foram registadas como grávidas ou vazias. A taxa de gestação (GEST) foi registada como a percentagem de cabras



diagnosticadas como grávidas dividida pelo número de cabras expostas ao macho que não regressaram ao cio.

Fertilidade, prolificidade e fecundidade

A data do parto, sexo e peso da prole à nascença foram registados. Para cada tratamento, foi determinado o momento em que cada cabra pariu; onde a taxa de parição (PAR) foi calculada como o número expresso como uma percentagem de cabras que pariram em relação ao número total de cabras diagnosticadas como positivas para a gestação; após a parição. A fecundidade (FER) foi calculada como o número de cabras paridas dividido pelo número de cabras acasaladas, resultado multiplicado por 100; a fecundidade (FEC) foi o número de cabritos nascidos dividido pelo número total de cabras tratadas; e a fecundidade (PROL) foi o número de cabritos nascidos dividido pelo número de cabras paridas.

Análise estatística

Todas as análises de dados foram realizadas utilizando software estatístico (SAS, 2012). Foi utilizado um desenho completo com tratamentos aleatórios; realizando o teste Shapiro & Wilk (1965) para avaliar que todos os dados provinham de uma população normalmente distribuída. A resposta à sincronização do cio, retorno ao cio, taxas de gestação, parto e fertilidade, e início do cio foram analisados utilizando o teste não paramétrico Kruskal-Wallis usando o procedimento NPAR1WAY. Para analisar a duração do cio, fecundidade e prolificidade, foi realizada uma análise de variância e o teste de Tukey foi utilizado para comparar os meios dos seus valores entre tratamentos a 95% de confiança.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram observadas diferenças ($p > 0,05$) entre os tratamentos para as variáveis RE, DE, RET (tabela 1), e para GEST, PAR e FER (tabela 2); contudo, a acção da restauração metabólica durante a sincronização do cio melhorou ($p < 0,05$) a resposta das cabras Saanen x Alpina para as variáveis IC (tabela 1), FEC e PROL (tabela 2). A resposta à sincronização do cio foi de 100% nos três tratamentos. A resposta à sincronização do cio dos caprinos tratados com a solução isotónica foi semelhante ($p > 0,05$) à dos caprinos de controlo, mas diferente da obtida com o reconstituente metabólico, o que encurtou ($p < 0,05$) o início do cio. Após a remoção do CIDR dos 36 caprinos, 12 deles (33,33%) tratados com o restaurador metabólico iniciaram o cio às 20 h; enquanto que os restantes 24 caprinos (66,67%) tratados sem o restaurador metabólico iniciaram o cio às 32 h. Para os caprinos tratados com a solução isotónica, 25% mostraram cio em 24 h, 67% mostraram cio em 24-48 h, e os restantes 8% mostraram cio antes de 64 h após a



remoção do CIDR. A duração do cio dos caprinos de controlo foi semelhante ($p > 0,05$) aos tratados com a solução isotónica e o reconstituente metabólico (tabela 1).

Tabela 1. Resposta à sincronização do estro em cabras Saanen x Alpina tratadas com um reabastecedor metabólico ou solução isotónica

| Tratamentos | n | Resposta para o estro (%) | Início de estro (h) | Duração de estro (h) | Retorno ao estro (%) |
|-------------------------------|----|---------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| T1: Reconstituente metabólico | 12 | 100 | 20.78 ^b | 37.78 | 33.0 |
| T2: Solução isotónica | 12 | 100 | 32.54 ^a | 37.95 | 33.0 |
| T3: Controlo | 12 | 100 | 33.68 ^a | 37.69 | 33.0 |
| <i>p-valor</i> | | 0.96 | 0.001 | 0.76 | 0.90 |

^a, ^b: Os valores médios com diferentes literais na mesma coluna são diferentes ($p < 0,05$)

Tabela 2. Resposta ao diagnóstico de gestação e número de cabritos nascidos de cabritos Saanen x Alpina sincronizados tratados com um reconstituente metabólico ou solução isotónica

| Tratamentos | n | Caprinos | | Crias nascidas (n) | Fertilidade (%) | Fecundidade (n) | Prolificabilidade (n) |
|-------------------------------|----|-------------|-------------|--------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|
| | | Grávida (n) | Paridas (n) | | | | |
| T1: Reconstituente metabólico | 12 | 8 | 8 | 17 | 66.7 | 1.42 ^b | 2.1 ^b |
| T2: Solução isotónica | 12 | 8 | 8 | 11 | 66.7 | 0.92 ^a | 1.4 ^a |
| T3: Controlo | 12 | 8 | 8 | 11 | 66.7 | 0.92 ^a | 1.4 ^a |
| <i>p-valor</i> | | | | | 0.87 | 0.049 | 0.049 |

^a, ^b: Os valores médios com diferentes literais na mesma coluna são diferentes ($p < 0,05$)

Actualmente, os protocolos de sincronização do cio controlam o desenvolvimento folicular e a ovulação para melhorar a resposta nas variáveis reprodutivas, principalmente reduzindo a exposição à progesterona de 10-14 dias para um período de 5-7 dias (protocolos de curto prazo; Luo *et al.*, 2019). No entanto, no presente estudo, o protocolo de sincronização do cio foi concebido para controlar a função luteal através da administração exógena de progesterona via CIDR para 12 d (protocolo a longo prazo), associado a uma dose de eCG e PGF2 α no momento da retirada do CIDR, com o qual as cabras em cio foram atingidas. Esta resposta ao cio coincide com os 100% relatados em alguns estudos (Nogeira *et al.*, 2011; Kajaysri & Thammakarn, 2012); mas difere com outros resultados (Menchaca *et al.*, 2007; Montes-Quiroz *et al.*, 2017), em caprinos sincronizados com um tratamento hormonal semelhante. A utilização de progestagénios, eCG e prostaglandinas oferece uma boa resposta na sincronização do cio (Abecia *et al.*, 2012; Hashemi & Safdarian, 2017; Salleh *et al.*, 2021), porque PGF2 α ou os seus análogos têm função luteolítica, modificam o desenvolvimento do folículo ovariano e provocam a dissolução do corpo lúteo para retomar a actividade ovariana (Abecia *et al.*, 2011; Rivas-Muñoz *et al.*, 2021); assim é possível sincronizar o cio através da luteólise injectando PGF2 α para induzir a regressão do corpo lúteo funcional para parar a fase lútea em caprinos sincronizados com CIDR+eCG, porque a presença de um corpo lúteo funcional inibe a resposta do oestro (Kajaysri & Thammakarn, 2012).



Por outro lado, considera-se que a nutrição afecta a função reprodutiva dos ruminantes domésticos, o que influencia o início da actividade ovariana em caprinos (Walkden-Brown *et al.*, 1994), onde a energia metabólica é o factor mais importante para controlar o sucesso reprodutivo e as hormonas gonadal afectam a ingestão, armazenamento e despesas energéticas (Schneider *et al.*, 2012). Tendo em conta as necessidades energéticas, a relação entre os sistemas reguladores metabólicos e reprodutivos deve ser ajustada em grande medida para que a probabilidade de sucesso seja razoável. Portanto, os processos regulamentares que ligam a nutrição e a reprodução são os mesmos que controlam a homeostase energética (Martin *et al.*, 2010).

Ingredientes e produtos dietéticos específicos do metabolismo podem prejudicar a acção hipotalâmica-adenofisária-ovariana ao afectar a secreção de FSH e LH e a resposta da actividade ovariana (Schneider *et al.*, 2012). Por conseguinte, é provável que a resposta oestrutiva das cabras no presente estudo se deva mais ao protocolo hormonal utilizado, uma vez que a administração de progestagénio a longo prazo (12 d) pode ser utilizada com tratamentos adjuvantes tais como gonadotropinas que promovem o crescimento folicular e a ovulação dos ovários, ou prostaglandinas que lise um corpus luteum activo (O'Brien & Wildeus, 2019); porque a duração do progestogénio é inferior à fase luteal; assim, o cio e a ovulação podem ser atrasados ou mesmo inibidos pela presença de um corpus luteum funcional após a retirada do progestogénio e a prostaglandina é necessária para induzir a luteólise (Swelum *et al.*, 2015).

A eficiência reprodutiva feminina depende da resposta ovariana às secreções hipotálamo-promocionadas da hipófise (Meza-Herrera *et al.*, 2010). Esta comunicação endócrina é reforçada pela actividade dos neurotransmissores no eixo hipotalâmico-adenotipofisário, cuja actividade pode ser aumentada pela suplementação de aminoácidos excitatórios (AAE; Mahesh & Brann, 2005), que promovem a libertação de gonadotropinas a partir da adenotipófise; e assim controlar os eventos fisiológicos nas gónadas (Maia *et al.*, 2017). A maioria dos estudos disponíveis sobre as interacções entre nutrição e reprodução em pequenos ruminantes são obtidos sob diferentes condições ambientais, recursos alimentares, nutrientes disponíveis ou fontes de suplementação que promovem a eficiência reprodutiva em caprinos (Rekik *et al.*, 2007). Portanto, é possível que alguns dos componentes do restaurador metabólico utilizados no presente estudo, principalmente os aminoácidos L-arginina (0,240 g), ácido aspártico (0,150 g) e ácido glutâmico (0. 150 g); que influenciam o desenvolvimento folicular ovariano e geraram um aumento do número de folículos dominantes, o que poderia produzir uma maior secreção de estrogénio e, como consequência, reflectir um início mais curto do cio; em resposta à acção neuroestimuladora sobre a libertação de GnRH-LH. Além disso, outros aminoácidos contidos na restauração metabólica utilizada no presente estudo, tais como glutamina, prolina e glicina, foram relatados para regular o crescimento, desenvolvimento,



lactação e participação em eventos reprodutivos (Wu, 2010); ou naqueles relacionados com a fertilidade e neurotransmissão (Wu, 2014).

No presente estudo foi observada uma redução no tempo de aparecimento do cio em caprinos tratados com o restaurador metabólico, esta resposta difere com os resultados de Pinheiro *et al.* (2012) que observaram que o aparecimento do cio era significativamente igual em caprinos tratados com doses diferentes de insulina em sincronização do cio com progestagênicos e PGF2. Em caprinos e ovinos, a insulina reduz a atresia folicular e aumenta o número de folículos ovarianos dependentes de gonadotropina; além disso, foi confirmado que é possível manipular a taxa de ovulação estimulando a actividade dos moduladores ovarianos, como o IGF-I, através de alterações no sistema insulino-glucose (Meza-Herrera *et al.*, 2008). Hernández-Marín *et al.* (2016) relataram num estudo em ovinos, que o tratamento com um restaurador metabólico, semelhante ao utilizado no presente estudo, o conteúdo de L-arginina, ácido aspártico e ácido glutâmico participa como aminoácidos neuroestimuladores com acção endócrina na actividade ovárica. Portanto, é possível que no presente estudo a redução do início do cio em caprinos tenha respondido à acção dos aminoácidos neuroestimuladores contidos no restaurador metabólico, porque a resposta na actividade reprodutiva da fêmea pode ser modificada com a suplementação energética ou proteica, quer nas vias neuroendócrinas que dependem das hormonas metabólicas, quer pelos níveis circulantes de FSH e LH (Meza-Herrera *et al.*, 2014) ou aqueles envolvidos na secreção de GnRH (Mahesh & Brann, 2005; Wu, 2010; Alvarez-Cardona *et al.*, 2019).

Ruiz *et al.* (2002) sincronizaram cio em caprinos com 325 mg de cloprostenol com um protocolo de duração de 12 d e registaram o início do cio a $90,7 \pm 11,6$ h; enquanto, Khanthusaeng *et al.* (2013) registaram $38,5 \pm 1,5$ h ao sincronizar cio em caprinos com CIDR para 14 d mais 300 UI de hCG no momento da retirada do CIDR; estes valores diferem com o início do cio obtido na presente investigação. As diferenças nos valores para o início do cio devem-se à duração do protocolo hormonal e à dose utilizada, porque a sincronização do cio com dispositivos de libertação de progesterona intravaginal (IVDR) e gonadotropinas aumenta o número de folículos recrutados, aumenta o diâmetro máximo e a taxa de crescimento de grandes folículos na primeira onda de crescimento folicular (Uribe-Velásquez *et al.*, 2008). Pelo contrário, quando as gonadotropinas são administradas em combinação com prostaglandinas, permite um maior tempo de actividade, responde com melhor recrutamento e maturação dos folículos e oócitos (Abecia *et al.*, 2011); contudo, a apresentação do cio varia de 24 a 96 h e depende da raça, idade, época reprodutiva, presença da cabra e dos tipos de protocolos de gestão reprodutiva a utilizar (Fatet *et al.* 2011). De acordo com as recomendações de bem-estar animal, as empresas farmacêuticas e os avanços na investigação desenvolveram possíveis alternativas baseadas na redução da duração ou dosagem dos tratamentos



hormonais (Abecia *et al.*, 2011). Portanto, é importante considerar a dose adequada para cada finalidade reprodutiva, com o objectivo de utilizar a dose óptima mas eficiente para atingir os objectivos do rebanho.

A duração do cio obtida na presente investigação é maior do que a relatada por Khanthusaeng *et al.* (2013), que obtiveram 27,0±1,2 h ao sincronizar o cio em caprinos com CIDR para 14 d mais 300 IU de hCG no momento da retirada do CIDR. Os CIDRs resultam em alta sincronia do cio quando associados a agentes luteolíticos; além de altas taxas de fertilidade (Fatet *et al.*, 2011; Bukar *et al.*, 2012).

Foi confirmado que o P₄ e os seus análogos sintéticos são eficientes na indução e sincronização do cio em caprinos, porque a influência das gonadotropinas nos ovários estimula o crescimento folicular em caprinos cíclicos ou não cíclicos, e maximiza as taxas de ocorrência do cio (Omontese *et al.*, 2013). Portanto, os resultados do presente estudo sugerem que a duração do cio foi obtida, por um lado, em função da resposta do protocolo hormonal, reduzindo a duração da fase luteal do ciclo do oestro, através da acção da prostaglandina ou controlando artificialmente esta fase, utilizando dispositivos intravaginais impregnados de P₄; porque o P₄ e os progestagénios, associados às gonadotropinas e aos agentes luteolíticos, obtêm resultados para a indução e sincronização do cio (Abecia *et al.*, 2012). A este respeito, os factores relatados para influenciar a resposta do cio após a aplicação do PGF₂α ou dos seus análogos são a dose utilizada, o intervalo entre a administração da dose e a reacção do corpo lúteo ao PGF₂α ou a fase do ciclo do oestro, a época do ano e a combinação com gonadotrofinas como tratamento hormonal (Fierro *et al.*, 2013).

Por outro lado, é possível que a acção de aminoácidos como a arginina, aspartato e glutamato, contidos no restaurador metabólico, possa ter influenciado a duração do cio nas cabras no presente estudo. Tem sido relatado que o fornecimento de metionina aumenta a capacidade do fígado para transportar triacilglicerol, que serve como reserva de energia; portanto, a administração de um reabastecedor de energia combinado com propilenoglicol oral melhora os resultados reprodutivos ao fornecer um substrato de glicose (Jeong *et al.*, 2018). Meza-Herrera *et al.* (2014) concluíram que a administração a curto prazo do glutamato durante a fase folicular aumenta o número de folículos ovarianos com antro e a taxa ovulatória em caprinos adultos cíclicos, indicando que o glutamato está envolvido na regulação da libertação gonadotrópica e do ciclo ovulatório da fêmea (Meza-Herrera *et al.*, 2020). No entanto, é importante conhecer o mecanismo pelo qual estes perfis de aminoácidos afectam metabolitos, hormonas metabólicas e reprodutivas que actuam como sinais directos nos folículos ovarianos para regular a foliculogénese e em resposta ao início e duração do oestro; por exemplo, um mecanismo alternativo em resposta à sincronização do oestro é o efeito nutricional imediato no



desenvolvimento folicular dos ovários, porque envolve acções nutricionais directas a nível dos ovários (Scaramuzzi *et al.*, 2010); embora a influência da manipulação nutricional de curto prazo durante a fase luteal na foliculogénese possa não se dever à variação do perfil de aminoácidos a nível intrafolicular, mas à alteração do perfil de aminoácidos no sangue periférico (Nie *et al.*, 2018). Portanto, é possível que a nível ovariano a quantidade de P₄ não seja afectada pela ingestão de energia; mas sim por uma resposta insuficiente à nutrição pelo corpo lúteo para secretar P₄ necessária durante a fase lútea do ciclo do oestrous (Ying *et al.*, 2011). Assim, a incidência de um corpo lúteo anormal pode estar relacionada com a capacidade endógena P₄ das cabras de exibir um ciclo curto de destruição do cio ou na duração do cio.

Estudos sobre sincronização do cio em caprinos relatam valores que diferem dos resultados obtidos na presente investigação em fertilidade (Uribe-Velásquez *et al.*, 2011), fecundidade (Hashemi & Safdarian, 2017) e prolificidade (Pérez-Clariget *et al.* (2012). A fisiologia reprodutiva em caprinos tem sido extensivamente investigada, incluindo o controlo hipotalâmico e adenohipofisário do ovário relacionado com o comportamento sexual e o ciclo oestrousado. Por sua vez, foram concebidos protocolos hormonais comerciais com o objectivo de controlar a função luteal através da administração de progesterona exógena durante 10-14 dias (protocolos a longo prazo; Luo *et al.*, 2019). Neste sentido, é possível que a duração de 12 d do protocolo hormonal utilizado no presente estudo tenha agrupado o cio e sincronizado o momento da ovulação, em vez de influenciar a fertilidade dos caprinos, porque o tratamento hormonal foi o mesmo para os três tratamentos experimentais. Do acima exposto, é possível descrever que a formação e desenvolvimento dos folículos ovarianos e a ovulação gerada com os protocolos hormonais dependem inteiramente dos efeitos combinados da produção e secreção de gonadotropina, e que a selecção dos folículos ovarianos dominantes depende basicamente do nível sanguíneo de gonadotropina e da expressão dos receptores hormonais nos folículos ovarianos (Graff *et al.*, 2000).

Além disso, foram relatados vários factores que influenciam a resposta reprodutiva, alguns deles sugerindo que valores de fertilidade mais elevados são obtidos com maior número de folículos ovarianos desenvolvidos (Barioglio *et al.*, 1997), utilizando o acasalamento natural controlado em vez da inseminação artificial (Martínez-Rojero *et al.* 2006), utilizando diferentes protocolos hormonais e utilizando o acasalamento natural controlado (Pérez-Clariget *et al.*, 2012) ou protocolos hormonais curtos e a inseminação artificial de tempo fixo (Menchaca & Rubianes, 2007).

A utilização de protocolos hormonais com CIDR ou outros progestagénios, isoladamente ou em combinação com PGF₂ α e eCG, são igualmente eficientes na sincronização do cio em caprinos; contudo, embora os CIDR contenham uma hormona menos potente (P₄; Bukar *et al.*, 2012), a eficácia destes protocolos hormonais pode ser melhorada com



estratégias de gestão nutricional durante a sincronização do cio. A este respeito, é possível que os resultados de fecundidade e prolificidade obtidos nos caprinos no presente estudo se devam à resposta do tratamento restaurador metabólico durante a sincronização do cio.

Foi relatado que a resposta nutricional é observada através da suplementação da ração alimentar com aminoácidos neuroestimuladores (Wu, 2010), energia (Schneider *et al.*, 2012), oferecendo oligoelementos (Vázquez-Armijo *et al.*, 2011); e que a actividade ovariana em caprinos é melhorada com a aplicação de selénio (Se) individualmente ou ligado a aminoácidos como a cistina ou a metionina, como forma menos tóxica (Spallholz, 1994). Portanto, o papel da nutrição na actividade ovariana deve-se a alterações na secreção ou libertação de FSH e LH pela adenohipophysis, por uma reacção negativa a nível ovariano em resposta às gonadotropinas, ou pela mesma regulação hormonal metabólica ou do eixo reprodutor (Rodrigues *et al.*, 2015).

Em contraste, embora os efeitos do tratamento com o restaurador metabólico utilizado no presente estudo, devido ao seu conteúdo em aminoácidos neuroestimuladores, sobre a actividade ovariana não tenham sido amplamente relatados, particularmente sobre o desenvolvimento folicular ovariano e a taxa ovulatória, mas a sua resposta sobre a secreção de algumas hormonas reprodutivas; por exemplo, a arginina promove a libertação de LH nas fêmeas pré-púberes, o aspartato aumenta a libertação de LH e testosterona nos machos, o glutamato estimula o pico pré-ovulatório de LH, acelera o início da puberdade e o comportamento reprodutivo (Mahesh & Brann, 2005). A resposta de alguns aminoácidos neuroestimuladores foi também relatada sobre a eficiência reprodutiva em caprinos (Meza-Herrera *et al.*, 2008; Meza-Herrera *et al.*, 2010; Meza-Herrera *et al.*, 2014; Meza-Herrera *et al.*, 2020) e ovinos (Hernández-Marín *et al.*, 2016; Fraire-Cordero *et al.*, 2018; Nie *et al.*, 2018). Além disso, é importante considerar que este produto também é utilizado como vitamina, bioenergético, activador metabólico e regulador do metabolismo de proteínas, hidratos de carbono e lipídios; por conseguinte, é possível compreender a acção de alguns dos seus componentes e descrever a sua resposta metabólica ou reprodutiva durante a sincronização do cio com o CIDR, PGF2 α e eCG.

Para além dos protocolos hormonais em caprinos, foi relatado que o tratamento com glicerol oral durante os primeiros seis dias de crescimento embrionário favorece a sobrevivência do embrião, o que aumenta o número de cabras grávidas e a prolificidade (Aguilar *et al.*, 2016). A manutenção da gravidez em caprinos depende da concentração de P4 segregada pelo corpus luteum, que por sua vez depende do equilíbrio dos factores luteotrópicos e luteolíticos (LH e PGF2 α ; Ford *et al.*, 1996).



É possível que a diferença de fecundidade e prolificidade dos caprinos tratados com o restaurador metabólico no presente estudo tenha resultado da quantidade de nutrientes utilizáveis, energia ou aminoácidos neuroestimuladores fornecidos durante a sincronização do cio. Isto porque o consumo de energia ou reservas corporais para o metabolismo energético estão relacionados com a taxa ovulatória na fêmea (Vázquez-Armijo *et al.*, 2011). A este respeito, tem sido relatado que o aumento da taxa de ovulação e da prolificidade em pequenos ruminantes tem sido praticamente alcançado através de tratamentos hormonais e do aumento da ingestão de energia dietética (*flushing*; Aguilar *et al.*, 2016). Portanto, é provável que no presente estudo as cabras tratadas com o restaurador metabólico durante a sincronização do cio, com o protocolo hormonal 12 d, tenham apresentado um equilíbrio hormonal de gonadotropinas no eixo reprodutivo, mantido uma secreção P₄ adequada, e portanto melhorado a taxa ovulatória; embora o mecanismo de acção da lavagem ainda não esteja totalmente compreendido. As evidências indicam que os seus efeitos ocorrem a nível ovariano, são independentes das concentrações de gonadotropina e estão relacionados com um aumento das concentrações de glicose e insulina no sangue (Dupont *et al.*, 2014). Estienne *et al.* (1991) relataram que os aminoácidos neuroestimuladores controlam a secreção de LH através de mecanismos que regulam a secreção de GnRH do hipotálamo; assim, o LH pode alcançar o tecido luteal e regular, através de um efeito indirecto, a secreção P₄; possivelmente descrevendo a regulação hormonal do corpus luteum e a sua resposta no aumento da taxa ovulatória e do número de descendentes nascidos.

Alguns factores que causam alterações na actividade reprodutiva durante a sincronização do cio em caprinos podem ser controlados, e por sua vez avaliados para melhorar a resposta no número de descendentes nascidos por cabra tratada. A este respeito, pode assumir-se que as fêmeas com um maior número de descendentes nascidas em resposta ao tratamento experimental podem ter o potencial de dar múltiplos nascimentos em nascimentos subsequentes. No entanto, tem sido relatado que nas cabras existe uma correlação entre a idade dos caprinos e a prolificidade, com as fêmeas com mais de 2,6 anos a registarem uma prolificidade de 1,65 filhos (Haldar *et al.*, 2014). Este valor é inferior ao obtido para a prolificidade das cabras no presente estudo, apesar de as cabras terem uma idade média de 2,35 anos. Além disso, outras características também podem ser consideradas para registar diferenças nos valores de prolificabilidade, tais como a época reprodutiva (Pinheiro *et al.*, 2012), idade e condição corporal (Haldar *et al.*, 2014), duração e dose dos tratamentos hormonais utilizados (Abecia *et al.*, 2011), protocolo de sincronização do cio (Abecia *et al.*, 2012), nutrição (Aguilar *et al.*, 2016), ambiente (Dubeuf, 2011), entre outros. Pelo contrário, o cloreto de sódio terá impacto no controlo hormonal e no equilíbrio energético dos ovinos; assim, concentrações elevadas de cloreto de sódio podem alterar a resposta hormonal nas ovelhas, tal como uma alteração na



concentração de progesterona, resultando em parição complicada, o que afecta directamente a capacidade reprodutiva dos ovinos (Digby *et al.*, 2011).

Com base no acima exposto, deve considerar-se que o conhecimento da acção dos metabolitos energéticos e proteicos, bem como dos aminoácidos neuroestimuladores, gera opções de manejo de forma técnica e económica, capazes de aumentar a eficiência reprodutiva de um rebanho, com a vantagem de controlar os eventos reprodutivos a partir de métodos naturais não hormonais, baseados na fisiologia reprodutiva e nutricional. Por conseguinte, sugere-se mais investigação para descrever a acção dos componentes da restauração metabólica e a sua resposta ao nível dos ovários e as variáveis avaliadas na sincronização do estro em caprinos.

CONCLUSÕES

A acção de um restaurador metabólico reduz o início do cio, e aumenta a fecundidade e prolificidade sem afectar a resposta, duração e retorno ao cio; bem como a fertilidade em resposta à sincronização do cio em 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 whit flugestone acetate



and PGF2 α 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 α 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_{2α}, controlled internal drug release (CIDR) or CIDR plus prostaglandin F_{2α} 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/cmvtj/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, Balaro 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-Ruíz AR, Veliz-Deras FG, Arellano-Rodríguez G, Rosales-Nieto CA, Macias-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

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

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

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

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

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 of 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>