

Research Article

Comparison of the Reproductive Methods Used for Alpine Goats with Previously Synchronized Estrus

Comparación de Dos Tipos de Reproducción en Cabras de Raza Alpina con Celo Previamente Sincronizado

Gustavo Arcos-Gómez¹, Iván Yáñez-Ortiz², Antonio. Murillo-Ríos³, and Luis. Mena-Miño^{3,4}

II CONGRESO
INTERNACIONAL DE
PRODUCCIÓN PECUARIA Y
AGROINDUSTRIAL ESPOCH
2021 (II CEPPEA 2021)

Corresponding Author: Luis.
Mena-Miño; email:
luismenamino@hotmail.com

Published: 14 June 2022

Production and Hosting by
Knowledge E

© Gustavo Arcos-Gómez
et al. This article is distributed
under the terms of the
Creative Commons
Attribution License, which
permits unrestricted use and
redistribution provided that
the original author and
source are credited.

¹Farms Operations Manager, Meredith Dairy, Victoria State, Australia

²Departament de Medicina i Cirurgia Animals, Facultat de Veterinària, Universitat Autònoma de Barcelona, Travessera dels Turons, Bellaterra, España

³Carrera de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur Km 1¹/₂, Riobamba, Ecuador

⁴Carrera de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Técnica Equinoccial, Rumipamba y Bourgeois, , Quito, Ecuador

ORCID

Luis. Mena-Miño: <https://orcid.org/0000-0002-9130-4012>

Abstract

The objective of this study was to compare the two methods of reproduction used for the Alpine goats at a sheepfold located in the province of Pichincha. A hormonal protocol was followed for heat synchronization based on intravaginal sponges impregnated with fluorogestone acetate (FGA) combined with prostaglandin F2 α (PGF2 α) and equine chorionic gonadotropin (eCG). In total, 24 two-to-four-year-old does were randomly divided into two groups: one for natural breeding (NB) with a five-year-old male goat of proven fertility and another for intracervical artificial insemination (IC-AI) with refrigerated semen collected from the same goat. The parameters evaluated were: the conception rate (CT), the fertility rate (FR), and the prolificacy index (PI). The CT and FR were compared using Pearson's Chi-square test, while PI was analyzed with the student's *t*-test. None of the reproductive parameters evaluated showed a significant difference between the two methods of reproduction. Therefore, MN or IC-AI in goats with previously synchronized heat could be an alternative to improve reproductive efficiency.

Keywords: estrus synchronization, artificial insemination, natural mating, Alpine, goats.

Resumen

El objetivo de este estudio fue comparar dos tipos de técnicas reproductivas en un aprisco ubicado en la provincia de Pichincha en cabras de raza Alpina aplicando un protocolo hormonal para sincronización de celo basado en esponjas intravaginales impregnadas con acetato de fluorogestona (FGA) combinado con prostaglandina F2 α (PGF2 α) y gonadotropina coriónica equina (eCG). Se utilizaron 24 hembras de 2 a 4 años de edad, divididas de manera aleatoria en dos grupos: uno para monta natural (MN) con un macho cabrío de 5 años de edad, de fertilidad probada, y otro para inseminación artificial intracervical (IA-ic) con semen refrigerado obtenido del mismo macho cabrío. Los parámetros productivos evaluados después de la realización de los dos tipos de técnicas reproductivas fueron: tasa de concepción (TC), tasa de fertilidad (TF) e índice de prolificidad (IP). La TC y la TF se compararon mediante la prueba de Chi cuadrado de Pearson, mientras que el IP fue analizado con la prueba

 OPEN ACCESS



de t student. Ninguno de los parámetros reproductivos evaluados mostró diferencia significativa entre ambos tipos de reproducción. Por lo tanto, la MN o la IA-ic en cabras con celo previamente sincronizado podría ser una alternativa para mejorar la eficiencia reproductiva.

Palabras Clave: sincronización de celos, inseminación artificial, monta natural, Alpina, cabras2.

1. Introducción

La producción caprina juega un rol importante dentro del contexto socioeconómico y medioambiental en todo el mundo [1]. En el Ecuador según datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) a través de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) del año 2020 [2] la población caprina fue de 14.092 animales, de los cuales el 47,37% (6.675 animales) se encuentran en la provincia de Pichincha. Al realizar una comparación con el número de caprinos reportados en el III Censo Nacional Agropecuario del año 2000, donde la población fue de 178.367 animales (3,96%; 7.068 animales en Pichincha), observamos que durante los último 20 años ha habido un evidente descenso de la población caprina y una mayor concentración de animales especialmente en la provincia de Pichincha.

La importante disminución en la población caprina en el Ecuador obliga a que la crianza de estos animales requiera aumentar su eficiencia biológica y rentabilidad económica que permita mantener una sostenibilidad en el tiempo de las explotaciones dedicadas a este fin. Esto ha llevado a que los productores cada vez más se interesen por la implementación de técnicas que permiten mejorar la eficiencia reproductiva de los animales [3], debido a que esta constituye un pilar fundamental para maximizar la productividad de los sistemas de producción a nivel mundial, prácticamente en todas las especies de producción [4]. En este sentido, la sincronización de celos se presenta como una alternativa altamente útil para lograr este objetivo [5], constituyendo un paso absolutamente primordial para el éxito de las tecnologías de reproducción asistida (ART, por sus siglas en inglés) como la inseminación artificial (IA), la superovulación y transferencia de embriones (MOET, por sus siglas en inglés), la fecundación *in vitro* (FIV) o la clonación [6].

De acuerdo a su comportamiento reproductivo, los mamíferos se clasifican en animales estacionales o continuos, según ciclen en una determinada época o durante todo el año. Dentro del primer grupo, y según cuál es la estación de cría, se clasifican en estacionales de fotoperiodo ascendente o descendente. En base a esta clasificación, los caprinos están considerados como animales poliéstricos estacionales de fotoperiodo descendente [7] en latitudes mayores a 30° [8]. Sin embargo, en las razas originarias de zonas subtropicales y tropicales la estacionalidad es poco marcada o



nula [6]. Conociendo esto, la aplicación de protocolos de sincronización de celos en caprinos supone el logro de una paridera concentrada en un periodo de tiempo mínimo, logrando así también periodos de lactación reunidos y lotes de crías uniformes, en cuanto a la edad se refiere [9].

Los métodos de sincronización de celos más frecuentemente usados en caprinos incluyen el uso dos tipos de tratamientos hormonales: prostaglandinas sintéticas o esponjas intravaginales impregnadas con progestágenos, como acetato de fluorogestona (FGA) o de medroxiprogesterona (MPA) [5,10]. Las prostaglandinas inducen la regresión del cuerpo lúteo (CL) entre los días 4 y 14 del ciclo estral, lo cual limita su uso únicamente en la estación reproductiva [10,11]. Debido a esto, el método más difundido para la sincronización de celos, y probablemente el más efectivo, es el basado en el uso de esponjas intravaginales de progestágenos [6]. Fisiológicamente, la presencia de la progesterona bloquea los efectos de retroalimentación positiva del estradiol (E2) sobre la secreción de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) e impide el pico de la hormona luteinizante (LH), pero además no suprime la secreción de la hormona foliculoestimulante (FSH). Por lo tanto, las ondas foliculares siguen emergiendo en presencia de un CL funcional, logrando de esta manera controlar el momento del celo y la ovulación [12]. Dentro de este contexto, la progesterona impregnada en la esponja se absorbe a través de la mucosa vaginal, manteniendo las concentraciones plasmáticas (niveles inferiores a los de un CL) por un periodo establecido, provocando un aumento en la frecuencia de pulsos de LH, promoviendo el crecimiento folicular, maduración del folículo dominante y su capacidad ovulatoria [13].

Actualmente, la IA es probablemente la biotecnología reproductiva más importante para la mejora genética significativa utilizada en caprinos [14,15] y su uso combinado con la sincronización de celos se ha difundido ampliamente en los sistemas de producción pecuaria, lo que podría aumentar los ingresos económicos al reducir los costes de gestión [16]. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue comparar tipo el tipo de servicio (monta natural [MN] versus la IA Intracervical [IA-ic] con semen refrigerado) en cabras de raza Alpina con celo previamente sincronizado.

2. Materiales y Métodos

2.1. Diseño del estudio

El estudio se realizó en un pequeño aprisco ubicado en la provincia de Pichincha, cantón Quito, parroquia Puenbo (latitud: 0° 13' 46" S, longitud: 78° 22' 00" O y altitud: 2.480 msnm). Se utilizaron un total de 24 cabras adultas de raza Alpina y de edades comprendidas entre 2 a 4 años con condiciones corporales 3 - 3,5 (escala 1-5); las



cuales fueron divididas de forma aleatoria en 2 grupos de 12 animales cada uno. En el primer grupo las cabras fueron servidas por monta natural (MN), mientras que en el segundo grupo el servicio se realizó por IA Intracervical (IA-ic) con semen refrigerado. Cada cabra representó una unidad experimental en cada tipo de servicio. Una semana antes de la fase experimental, las cabras fueron examinadas mediante ultrasonografía abdominal (Minitube, Alemania) utilizando una sonda sectorial con una frecuencia de ondas de 7,5 MHz para verificar que no estuvieran gestantes. El transductor se colocó en la zona inguinal (entre la ubre y la pierna) con cada cabra de pie.

Los animales fueron manejados bajo las mismas condiciones medioambientales y de alimentación. Esta última estuvo basada en una ración de 3 kg por animal y por día de Maralfalfa (*Pennisetum purpureum*) cortada, y 0,5 kg de concentrado comercial (14% de proteína) por animal y por día, además de agua fresca *ad libitum*. Todas las cabras se desparasitaron internamente con Fenbendazol al 10% (Bendacur, James Brown Pharma, Ecuador) y externamente con Ivermectina al 1% (Ivermec-JB, James Brown Pharma, Ecuador) 15 días antes de la fase experimental. Asimismo, se suplementó una dosis de 1 ml de multivitamínico (NovADE, James Brown Pharma, Ecuador) por animal.

2.2. Sincronización de celo

En todas las cabras se utilizó el siguiente protocolo para la sincronización de celo (Fig. 1):

1. Día 0: Aplicación de esponjas intravaginales de liberación controlada impregnadas con 20 mg de FGA (Chronoghest®, MSD Animal Health, España).
1. Día 9: Aplicación de 300 UI de gonadotropina coriónica equina (eCG; Folligon®, MSD Animal Health, España) y aplicación de 150 µg de cloprostenol (PGF2α; Lutaprost®, Agrovvet Market Animal Health, Perú)
1. Día 11: Retiro de esponjas intravaginales de liberación controlada
1. Día 13: Monta natura (MN) o inseminación artificial intracervical (IA-ic) con semen refrigerado a las 48-55 horas de haber retirado las esponjas intravaginales de liberación controlada.

Se introdujo un macho vasectomizado para todas las hembras luego del retiro de las esponjas (día 9 del protocolo de sincronización de celo), haciendo rondas en todo el rebaño por las mañanas y por las tardes, hasta el momento de la MN o IA-ic con semen refrigerado. Independientemente de la presencia o no de celo, todas las cabras fueron servidas de acuerdo al tipo de servicio correspondiente a su grupo.

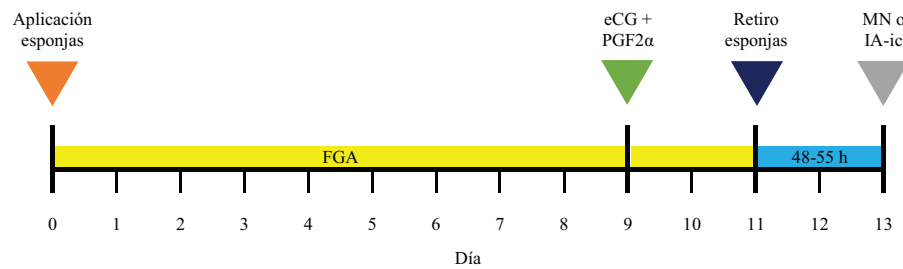


Figure 1

Protocolo de sincronización de celo en cabras previo al servicio por montal natural (MN) o inseminación artificial intracervical (IA-ic) con semen refrigerado.

2.3. Tipo de servicio

2.3.1. Monta natural (MN)

Se utilizó un macho cabrío de raza Alpina de 5 años, clínicamente sano y de fertilidad probada. Cada hembra fue trasladada al corral donde se encontraba el animal para realizar una monta dirigida. El macho cabrío hizo un solo salto por cabra y luego de 7 días montó las últimas hembras. Al inicio de las cubriciones se realizó un examen físico del reproductor, donde se valoró su condición corporal (3 en una escala de 0 a 5) y sus órganos sexuales externos (testículos, epidídimos y conductos deferentes). Previo a cada monta se limpió la zona genital del reproductor.

2.3.2. Inseminación artificial Intracervical (IA-ic) con semen refrigerado

La colecta de semen fue realizada 24 horas antes del inicio de las inseminaciones mediante vagina artificial (Minitube, Alemania) en mismo macho cabrío utilizado para la MN. Inmediatamente después de la colecta el semen fue diluido, siguiendo lo descrito por [17] para posteriormente realizar la IA-ic con semen refrigerado. Brevemente, se colocó cada hembra con el tercio posterior elevado, se limpió la vulva y el rabo con papel toalla. Luego, con una inclinación de 45° se introdujo el espejuelo con una presión suave, pero firme, siguiendo en línea recta hasta llegar al cérvix. Finalmente, se llevó la punta de la pistola hasta la entrada del cérvix y se presionó firmemente para pasar los primeros anillos cervicales antes de depositar el semen. Se utilizó una pajuela por cabra.

En ambos casos, el diagnóstico de gestación se lo realizó a los 45 días posteriores al servicio mediante ultrasonografía abdominal. Los animales estuvieron en un ayuno previo de 12-18 horas antes del proceso. Luego de aproximadamente cinco meses después de efectuados los servicios se verificaron número de nacimientos en cada cabra de la investigación.



2.4. Análisis estadístico

Los parámetros reproductivos evaluados en los dos tipos de servicio fueron: tasa de concepción (TC = cabras preñadas/cabras servidas, %) , tasa de fertilidad (TF = cabras paridas/cabras servidas, %) e índice de prolificidad (IP = número de crías/cabras paridas). En el caso de TC y IP se usó la prueba de Chi cuadrado de Pearson para la comparación entre MN e IA, mientras que para el IP se aplicó la prueba de t student. Los resultados entre los tipos de reproducción aplicados se consideraron significativos cuando $P < 0,05$. Todos los resultados se analizaron con el paquete estadístico R (V 4.0.3, R Core Team, Viena, Austria).

3. Resultados

En la Tabla 1 se observa que la TC obtenida en cabras con celo previamente sincronizado con los dos tipos de servicio fue la misma (83,33%; $P > 0,05$). En el grupo que fue servido por MN se registró un 8,33% más de fertilidad en comparación con el grupo que fue servido por IA-ic con semen refrigerado, pero sin encontrarse diferencia significativa en la TF.

Table 1

Tasa de concepción (TC) y tasa de fertilidad (TF) en cabras con celo previamente sincronizado que fueron servidas por monta natural (MN) e inseminación artificial Intracervical (IA-ic) con semen refrigerado.

Parámetro	Tipo de servicio		Valor P ^a
	MN	IA-ic	
TC (%)	83,33 (10/12)	83,33 (10/12)	1,00
TF (%)	83,33 (10/12)	75,00 (9/12)	0,61

^aChi cuadrado de Pearson

En la Fig. 2 se observa que el IP obtenido con los dos tipos de servicio en cabras con celo previamente sincronizado fue prácticamente similar ($P > 0,05$). Se registraron $1,80 \pm 0,25$ crías por parto en el grupo que fue servido por MN y $1,77 \pm 0,31$ crías por parto en el grupo que fue servido por IA-ic con semen refrigerado.

4. Discusión

La combinación de progestágenos con eCG dentro un protocolo de sincronización de celos en cabras elimina la variabilidad en la respuesta ovulatoria, tanto en la época de reproducción como en el período de anestro estacional, la tasa de ovulación aumenta y la fertilidad mejora [18]. Sin embargo, los resultados obtenidos al usar el

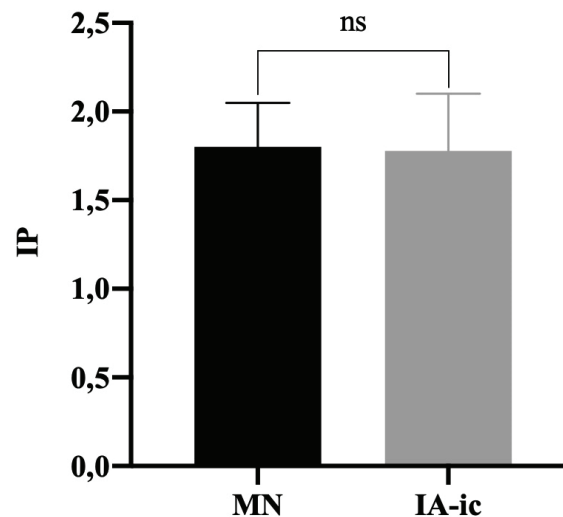


Figure 2

Media \pm SEM del índice de prolificidad (IP) en cabras con celo previamente sincronizado que fueron servidas por monta natural (MN) e inseminación artificial intracervical (IA-ic) con semen refrigerado.

protocolo a base de FGA, eCG y PGF2 α han sido variables, debido a varios factores determinantes que influyen en la respuesta, tanto del componente animal (estado reproductivo, periodo posparto, número de lactancia, tamaño de la camada) como del componente medioambiental (altitud, índice de temperatura-humedad, lluvia) [19-21]. Pese a realizar el servicio en cabras con celos previamente sincronizados, no se encontraron diferencias significativas en los dos tipos de reproducción empleados al evaluar la TC, la TF y el IP, de forma similar a lo observado cuando se han evaluado diferentes dosis hormonales en diferentes concentraciones de semen y diferentes vías de inseminación en la raza Alpina [22].

La TC alcanzada con los dos tipos de reproducción (MN e IA-ic) fue la misma, lo cual explica que ambos métodos han desarrollado un comportamiento similar durante el estudio. La TC es un parámetro reproductivo complejo, debido a que se liga a diversos factores que interactúan entre sí: facilidades para la IA, tiempo en que se realiza la IA post-inicio del celo, calidad y manejo del semen, experiencia del inseminador, variables medioambientales (índice de temperatura-humedad, lluvia). Todas estas pueden marcar diferencias en el momento en el que se realiza el servicio, principalmente por posibles reabsorciones embrionarias en los primeros días post-IA [6,10].

Al igual que la TC, la TF tampoco presentó diferencias de acuerdo al tipo de reproducción empleado en las cabras después de la sincronización de celos. Es conocido que comúnmente existen diferencias entre los bajos rendimientos de las técnicas utilizadas al momento del parto comparado con los exámenes de ultrasonografía ya que se pueden presentar una alta tasa de reabsorción embrionaria o muerte fetal, ya que es



mayor cuando se utiliza semen congelado comparado con semen fresco [23]. Además, se presume que en planteles el factor estrés juega un papel importante negativo sobre la disposición a la concepción [24]. Ahmed et al. [25] encontraron porcentajes de preñez de entre 78%-87,7% en cabras tratadas con esponjas impregnadas de progestágenos combinadas con PMSG y prostaglandinas, los cuales son similares a los obtenidos en nuestro estudio. No obstante, los animales que no llegaron a quedar gestantes posiblemente presentaron un ciclo estral corto, con lo cual el cuerpo lúteo no llegó a desarrollarse por completo para aportar la cantidad de progesterona necesaria para el mantenimiento de la gestación [26]. Aproximadamente el 85% de las IA en cabras se realiza principalmente con semen que se ha refrigerado a 4 °C [27], debido a que su fertilidad (54%-65%) es superior [27] a la obtenida con semen congelado (35%-38%) [28,29]. Del mismo modo, el porcentaje de hembras gestantes que han sido inseminadas con semen refrigerado es similar entre el resultante del apareamiento natural y el sincronizado con el celo (74%) [30]. Un resultado llamativo fue la fertilidad obtenida con MN, la cual es superior a la encontrada en otros estudios [31,32], donde se obtuvieron TF entre el 58,1%-79%, mientras que fue ligeramente inferior a lo encontrado recientemente por [33] en los meses de enero y febrero, donde reportan una TF con MN de 88,5%, pero en los meses de marzo y abril, la TF fue de 62,1%.

Respecto al IP, varios estudios han reportado una prolificidad promedio de 1.40 ± 0.51 crías por parto [32,34]. Esto quiere decir que, considerando este valor como referencia, nuestros resultados obtenidos, tanto en MN como en IA-ic se encuentran dentro de los parámetros esperados, incluso arrojando un mayor número de crías por cabras paridas. Un hecho relevante es que el IP con MN es ligeramente mayor al obtenido por IA-ic, lo cual nos llevaría a pensar, por una lado, que el método de reproducción no afecta mayormente la prolificidad de los animales, y por otro lado, que el protocolo de sincronización de celos no tuvo influencia en este parámetro reproductivo, dado que el tratamiento hormonal suplementado fue igual para ambos grupos, resultando de manera similar en otros estudios en donde el objetivo fue efectuar sincronización el momento de la ovulación y reducir los tiempos de presencia de los estros [35]. Esto concuerda con lo encontrado por Martínez-Rojero et al. [32], quienes obtuvieron un IP con MN de $1,20 \pm 0,41$ crías/cabra parida, mientras que en IA el IP fue de $1,18 \pm 0,39$ crías/cabra parida, igualmente sin obtener diferencia significativa entre ambos tipos de reproducción.

5. Conclusión

Los dos tipos de reproducción (MN o IA-ic) tuvieron un efecto similar sobre los parámetros reproductivos estudiados (TC, TF e IP) en cabras con celo previamente sincronizado.



Por lo tanto, ambos métodos serían aplicables para mejorar la eficiencia reproductiva de los sistemas de producción caprina. No obstante, se necesitan más estudios que incluyan un mayor número de animales para corroborar los resultados obtenidos.

6. Agradecimientos

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Central del Ecuador.
Granja Integral “La Verde”.

7. Conflicto de Intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

References

- [1] Simões J, Abecia JA, Cannas A, et al. Review: managing sheep and goats for sustainable high yield production. *Animal*. 2021; 15 (1). <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100293>
- [2] INEC. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC). Quito: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos; 2020.
- [3] Whitley NC, Jackson DJ. An update on estrus synchronization in goats: a minor species. *Journal of Animal Science* 2004;82:270–276.
- [4] Marques M, Morotti F, da Silva CB et al. Influence of category-heifers, primiparous and multiparous lactating cows-in a large-scale resynchronization fixed-time artificial insemination program. *Journal of Veterinary Science* 2015;16:367–371.
- [5] Silva BDM, Sartori R, Silva TASN, Cardozo DMM, Oliveira MAL, Neves JP. Estrus synchronization with protagaIndin F2 α compared to progestogen treatment associated with equine chorionic gonadotropin (eCG) in Santa Inés breed ewes reared in Federal District, Brazil. *Ciência Animal Brasileira* 2010;11:417–424.
- [6] Baldassarre H. Reproducción asistida en la especie caprina: Inseminación artificial a clonación. *Revista Brasileira de Reprodução Animal* 2007;3:274–282.
- [7] Evans G, Maxwell WMC. Fisiología de la reproducción en ovejas y cabras. 2nd ed. España: Editorial Acribia; 1990.
- [8] De la Vega A, Fernández J, Macedo MR, Wildel O. Descripción de un caso de efecto macho en cabras criollas de la provincia de Tucumán (Argentina) durante un servicio de primavera. *Taurus*. 2001;3:47–51.



- [9] Pérez-Clariget R, Garese-Raffo JA, Fleischmann-Techera R, Ganzábal-Planinich A, González-Stagnaro C. 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*. 2012;22:245–251.
- [10] Gibbons A, Cueto M. Investigación, desarrollo e implementación de la inseminación artificial y la transferencia de embriones en las especies ovina y caprina. *Spermova*. 2012;2:1–5.
- [11] Maia KM, Bezerra ACDS. Control of the estrous cycle in goats: review. *Acta Veterinaria Brasilica* 2010;4:S14–S19.
- [12] Espinosa M. Efecto de diferentes protocolos para IATF sobre las tasas de preñez aplicados en ganado lechero [Tesis de especialización]. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba; 2010.
- [13] Komañski GE, Berisso R, Rodríguez GA. Factores que afectan los resultados de la IATF y su impacto económico en rodeos de cría [Tesis de grado]. Tandil: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires; 2015.
- [14] Paramio MT, Izquierdo D. Assisted reproduction technologies in goats. *Small Ruminant Research* 2014;121:21–26.
- [15] Luo J, Wang W, Sun S. Research advances in reproduction for dairy goats. *Asian-Australasian Journal of Veterinary Science* 2019;32:1284–1295.
- [16] López-Sebastian A, González-Bulnes A, Carrizosa JA et al. New estrus synchronization and artificial insemination protocol for goats based on male exposure, progesterone and cloprostenol during the non-breeding season. *Theriogenology*. 2007;68:1081–1087.
- [17] Martínez-Rojero R, Hernández-Ignacio J, Hernández-Hernández H, Michel-Aceves A, Valencia-Méndez J. Inseminación artificial intrauterina en cabras criollas con semen refrigerado. *Agrociencia*. 2006;40:71–76.
- [18] Regueiro M, Pérez Clariget R, Ganzábal A, Aba M, Forsberg M. Effect of medroxyprogesterone acetate and eCG treatment on the reproductive performance of dairy goats. *Small Ruminant Research* 1999;33:223–230.
- [19] Wildeus S. Current concepts in synchronization of estrus: sheep and goats. *Journal of Veterinary Science*. 2000;77:1–14.
- [20] Knights M, Ramgattie R, Siew N, Singh-Knights D, Bourne G. Effectiveness of a short-term treatment with progesterone injections on synchrony of lambing and fertility in tropical hair sheep. *Animal Reproduction Science*. 2011;126:70–75.



- [21] Ungerfeld R, Sánchez-Davila F. Oestrus synchronization in postpartum autumn-lambing ewes: effect of postpartum time, parity, and early weaning. *Spanish Journal of Agricultural Research* 2012;10:62–68.
- [22] Agossou DJ, Koluman N. The effects of natural mating and artificial insemination using cryopreserved buck semen on reproductive performance in Alpine goats. *Archives Animal Breeding* 2018;61:459–461.
- [23] Fischer P, Erices J, Arndt M, Retzlaff A, Beck K. Experiencias con el uso de semen congelado en la inseminación (intracervical e intrauterina) en cabras lecheras. *Sitio Argentino Producción Animal*. 2007;1–6. Available from: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_caprina/inseminacion_transferencia_caprino/13-congelado.pdf
- [24] Alvarado-Espino AS, Menchaca A, Meza-Herrera CA, Mellado M, Arellano F, Véliz F. Use of injectable progesterone and hCG for fixed-time artificial insemination during the non-breeding season in goats. *Theriogenology*. 2019;127:21–25.
- [25] Ahmed MMM, Makawi SE, Jubara AS. Synchronization of oestrus in Nubian goats. *Small Ruminant Research* 1998;30:113–120.
- [26] Menchaca A, Rubianes E. Effect of high progesterone concentrations during the early luteal phase on the length of the ovulatory cycle of goats. *Animal Reproduction Science*. 2001;68:69–76.
- [27] Beltrán-Hermoso M, Gil-Rubio MJ, Sánchez-Rodríguez M et al. Utilización de técnicas de reproducción asistida en ganado caprino lechero. *Ovis*. 2005;96:31.
- [28] Leboeuf B, Restall B, Salamon S. Production et conservation de la semence de bouc pour l'insemination artificielle. *INRA Productions Animales*. 2003;16:91–99.
- [29] Abecia JA, Arrébola F, Macías A et al. Temperature and rainfall are related to fertility rate after spring artificial insemination in small ruminants. *International Journal of Biometeorology*. 2016; 60: 1603–1609.
- [30] Mocé E, Lozano-Palazón SA, Martínez-Granell MM, Mocé ML, Gómez EA. Effect of the refrigeration system on in vitro quality and in vivo fertility of goat buck sperm. *Animals*. 2020;10:2399.
- [31] Martínez VD, Cervantes NA. Efecto de la suplementación de copra en el comportamiento reproductivo de cabras en pastoreo con copra. *X Demostración de Tecnología Ganadera*; Abril, 1993; Guerrero, México.
- [32] Martínez-Rojero R, Zarco-Quintero LA, Rubio-Gutiérrez I, Cruz-Lazo C, Valencia-Méndez J. Efecto de los implantes subcutáneos de melatonina y la suplementación alimentaria, sobre la inducción de la actividad ovárica en ovejas Pelibuey durante la época de anestro. *Veterinaria México* 2001;32:237–247.



- [33] Garcia AK, Villanueva RE, García BC, Ara GM, Delgado CA. Tasa de presentación de celo y concepción en cabras Saanen sincronizadas con acetato de medroxiprogesterona (MAP) en dos épocas del año. *Revista de Investigación Veterinaria del Perú*. 2020;31:17839.
- [34] Rabasa AE, Fernández JL, Saldaño SA. Parámetros reproductivos de una majada caprina con manejo tradicional en el Dpto. Río Hondo (Santiago del Estero, Argentina). *Archivos de Zootecnia*. 2001;19:81–87.
- [35] Chemineau P. Training manual on artificial insemination in sheep and goats. *FAO Animal Production and Health Paper*. 1991;83:222. Available from: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF9212181>