

## Caracterización reproductiva del caprino Criollo-Neuquino

Marcela Cueto  María Rosa Lanari  Paula Silvestre Macarena Bruno-Galarraga 

Jimena Fernández  Alejandro Gibbons 

Grupo de Reproducción y Genética, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria EEA Bariloche, IFAB (INTA-CONICET), Modesta Victoria 4450, San Carlos de Bariloche, Río Negro, Argentina

### Reproductive characterization of the Criollo-Neuquino goat breed

**Abstract:** The Criollo-Neuquina goat breed inhabits the province of Neuquén (Argentina) and constitutes the way of life of 1 600 breeders from northern Neuquén, due to its high reproductive efficiency and productive potential. In this work, the reproductive characterization of this breed is presented, addressing the study of seasonal variation of the reproductive activity in adult females and males, the initiation of sexual activity in female and male kids, the male effect, and pre-ovulatory follicular dynamics. These investigations constitute one of the most exhaustive reproductive characterizations of a caprine breed. The reproductive cycle is markedly seasonal, with mating in autumn and kidding in spring. Females present a period of fertile estrus of 5 months, between April and August; with higher ovulation rates at the beginning of the season than at the end (1.7 vs 1.0 ovulations / goat). The sexual activity of the males is seasonal, presenting the highest activity between March and June. Males and females are precocious in their development, being fertile from their first autumn of life, as long as they reach an adequate body development. The work confirms the response to the male effect, with an estrus concentration higher than 80 % between 8 to 11 days after introduction of the males. The pre-ovulatory follicular dynamics presents some of the reproductive strategies described in prolific sheep breeds. Advances in the knowledge of the reproductive physiology of a breed in a certain region constitute studies of reference to establish different management strategies and improve its productive efficiency. This knowledge allows implementing a rational use of reproductive techniques to be used in conservation, dissemination or genetic improvement programs.

**Key words:** Creole goat, reproductive seasonality, puberty, male effect, follicular dynamics

**Resumen:** La raza caprina Criollo-Neuquina habita la provincia de Neuquén (Argentina) y constituye la forma de vida de 1 600 crianceros del norte neuquino, debido a su alta eficiencia reproductiva y potencial productivo. Tras varias investigaciones se ha logrado realizar una caracterización reproductiva exhaustiva de esta raza, que se presenta en esta revisión, abordando el estudio de la variación estacional de la actividad reproductiva en hembras y machos adultos, el inicio de la actividad sexual en cabritas y cabritos, el efecto macho y la dinámica folicular preovulatoria. Se determinó que el ciclo reproductivo es marcadamente estacional, con apareamientos en otoño y pariciones en primavera. Las hembras presentan un período de estros fértiles de 5 meses, entre abril y agosto; con mayores tasas de ovulación al principio de la temporada reproductiva que al final (1.7 vs 1.0 ovulaciones/cabra). La actividad sexual de los machos es estacional, presentando la mayor actividad entre marzo y junio. Los machos y hembras son precoces en su desarrollo, siendo fértiles desde su primer otoño de vida, siempre que alcancen un adecuado desarrollo corporal. Los trabajos confirman la respuesta al efecto macho, presentándose una concentración de estros superior al 80 % entre los 8 a 11 días post introducción de los machos. La dinámica folicular preovulatoria presenta algunas de las estrategias reproductivas descritas en razas prolíficas ovinas. Los avances en el conocimiento de la fisiología reproductiva de una raza en una determinada región constituyen estudios de referencia para establecer diferentes estrategias de manejo y mejorar su eficiencia productiva. Asimismo, estos conocimientos permiten implementar un uso racional de las técnicas reproductivas para ser utilizadas en programas de conservación, difusión o mejoramiento genético.

**Palabras clave:** Cabra Criolla, estacionalidad reproductiva, pubertad, efecto macho, dinámica folicular

## Introducción

La raza Criollo-Neuquina se originó de los animales introducidos por los españoles en el siglo XVII y ha recibido desde entonces numerosos aportes de otras razas como Anglo Nubian, Toggenburg, Tíbetanas y Angora (Lanari, 2004). Estos animales conforman un sistema particular de producción, extensivo y trashumante, que representa el medio de subsistencia de unos 1 600 productores o “crianceros”. La caracterización integral de la raza y su sistema de

producción fue motivo de sucesivos trabajos (Lanari, 2004; Pérez Centeno *et al.*, 2007; Zimmerman *et al.*, 2007; Cueto, 2008), en tanto que en el presente trabajo se realizó una revisión exhaustiva de los aspectos reproductivos del Caprino Criollo-Neuquino. Se presentan dos ecotipos: el ecotipo de Pelo Corto o Pelado (Figura 1A), de variados colores y el ecotipo de Pelo Largo o Chilludo que es de color predominantemente blanco (Figura 1B).



Figura 1. Hembras caprinas de la raza Criollo-Neuquino. A) Ecotipo de Pelo Corto o “Pelado”. B) Ecotipo de Pelo Largo o “Chilludo”.

Los caprinos Criollo-Neuquinos ocupan un lugar distintivo en la economía de los crianceros del norte neuquino, debido a que estos animales se encuentran adaptados a los ambientes áridos de la región, logrando expresar su potencial para la producción de carne de alta calidad. En condiciones extensivas de manejo presentan una prolificidad media (1.40 cabritos/cabra parida) y altos niveles de ganancia de peso, de 85 a 120 g diarios para crías dobles y simples, respectivamente (Lanari, 2004). La producción de carne procede de chivitos de tres a seis meses de edad que son comercializados mayoritariamente en la región (Zimmerman *et al.*, 2007).

El conocimiento, la identificación y comprensión del recurso zoogenético en una región particular, son necesarios para lograr un apropiado manejo y uso sustentable, asociados al mantenimiento de la diversidad genética.

La comprensión acerca de la importancia de considerar los distintos aspectos reproductivos de machos y hembras, para las diferentes razas caprinas en sus ambientes de producción, aportará las bases para la implementación de estrategias de manejo que permitan incrementar la eficiencia reproductiva y productiva de los sistemas caprinos. Estos conocimientos asimismo permitirán implementar un uso racional de las técnicas de la reproducción, tales

como el manejo del servicio, la sincronización de estros e inseminación artificial, para ser utilizadas en programas de conservación, difusión y/o mejoramiento genético. En este sentido, Davila y Muñoz (2020) puntualizan la importancia de integrar los conocimientos de la fisiología reproductiva del caprino con la aplicación de las técnicas de la reproducción, con la finalidad, entre otros, de desarrollar protocolos hormonales de sincronización de estros que disminuyan el riesgo sanitario, mejorar los parámetros de presencia de estro y preñez obtenidos con el uso de hormonas exógenas y propiciar pariciones más concentradas que permitan una mayor asistencia durante los partos.

En base a las consideraciones mencionadas y con el objetivo de profundizar los conocimientos y caracterizar la actividad reproductiva de la raza Criollo-Neuquina, fue necesario disponer de un hato de caprinos Criollo-Neuquinos que permitiera la realización de investigaciones bajo condiciones específicas controladas. Para ello, en el año 1998, en el Campo Experimental Pilcaniyeu del INTA Bariloche, se estableció un “Núcleo Genético”, mediante una selección representativa de un número considerable de animales existentes en los sistemas de producción, de diferentes poblaciones caprinas, a fin de contar con una amplia variación genética de la población.



Todos los estudios presentados en esta revisión se realizaron sobre este Núcleo Genético de cabras Criollo-Neuquinas, en el Campo Experimental Pilcaniyeu (Lat. 41° 02' S. Long. 70° 34' O.), situado en el ambiente de Sierras y Mesetas Occidentales (Soriano, 1954), a 920 msnm y con una precipitación anual de 270 mm en la provincia de Río Negro, Argentina.

En este trabajo, se presenta una revisión de las publicaciones del Grupo de Reproducción de Rumiantes Menores de INTA Bariloche sobre la caracterización reproductiva de los caprinos Criollo-Neuquinos, abordando el estudio de: I) Variación estacional de la actividad reproductiva en las hembras adultas (Cueto *et al.*, 2008), II) Variación estacional de la actividad reproductiva en los machos adultos (Silvestre *et al.*, 2012), III) Inicio de la actividad sexual en cabritas (Gibbons y Cueto, 2008), IV) Inicio de la actividad sexual en cabritos (Gibbons *et al.*, 2009), V) Efecto de la introducción de los machos sobre la fisiología de las hembras al inicio de la estación reproductiva (Cueto *et al.*, 2004) y VI) Dinámica folicular preovulatoria en cabras mono y poliovulares (Cueto *et al.*, 2006). Esta serie de investigaciones compiladas constituye una de las caracterizaciones reproductivas más exhaustivas de una raza caprina.

### **Variación estacional en la manifestación de los estros y las ovulaciones en cabras Criollo-Neuquinas**

La estacionalidad reproductiva representa un mecanismo de adaptación para que los nacimientos ocurran en un período favorable del año que propicie la sobrevivencia y el crecimiento de las crías. El comienzo y la duración de la época reproductiva en los caprinos son variables y están influenciados por la latitud, condiciones ambientales y genéticas (Chemineau y Xande, 1982; Ortavant *et al.*, 1985). El fotoperíodo es considerado el factor de mayor importancia que controla el inicio de la estación sexual, principalmente en las zonas templadas (Ortavant *et al.*, 1988; Usman *et al.*, 2019). Otras señales ambientales, como los cambios estacionales en la disponibilidad de alimento o la temperatura ambiente, también ejercen un efecto sincronizador sobre la estacionalidad (Farsi *et al.*, 2018). El anestro tiene consecuencias importantes sobre la reproducción de los hatos debido a que afecta la economía de los productores caprinos.

Los estudios sobre la actividad reproductiva en la hembra caprina Criollo-Neuquina fueron realizados por Cueto *et al.* (2008), caracterizándose la variación estacional en la presentación de las ovulaciones totales

(con y sin manifestación de estro), las ovulaciones con estro y la tasa de ovulación en cabras mantenidas bajo condiciones de fotoperíodo natural (Lat. 41° 02' S.). Un total de 27 cabras Criollo-Neuquinas no preñadas adultas (4-5 años), en buen estado corporal, se manejaron en condiciones extensivas de pastoreo y exposición a machos adultos deferectomizados ( $n=4$ ), incorporados permanentemente al hato de hembras desde su último parto (octubre). Durante 13 meses, luego del destete de los cabritos del año anterior, las hembras fueron evaluadas mediante los siguientes registros: 1) Detección diaria de los estros a corral con dos machos deferectomizados y 2) Presencia de los cuerpos hemorrágicos en ambos ovarios, mediante laparoscopías exploratorias luego de la identificación de la cabra en estro. El inicio, extensión y finalización de la actividad reproductiva se compararon mediante análisis de varianza.

Los resultados de este trabajo permitieron describir un período de ovulaciones totales (con y sin manifestación de estros) de  $165 \pm 5.5$  días de extensión, desde fines de marzo hasta principios de septiembre y un período de ovulaciones con estro de menor duración (aproximadamente 5 meses), entre principios de abril y fines de agosto (Cuadro 1). A partir del mes de abril y hasta fines de agosto, más del 75 % de las cabras presentaron ovulaciones con estro, registrándose durante ese mismo período, valores de ovulación superiores al 90 % (Figura 2). La mayor cantidad de ovulaciones sin estro (29.6 %) se manifestó al comienzo de la estación reproductiva (marzo-abril). Los períodos de presentación de las ovulaciones totales y las ovulaciones con estro se iniciaron con un fotoperíodo decreciente y finalizaron con un fotoperíodo creciente, de tal manera que la actividad sexual se extendió durante el otoño y hasta fines del invierno. Estos resultados presentan concordancia con los hallados por otros investigadores en ambos hemisferios, en referencia a que la estación reproductiva coincide con el fotoperíodo decreciente (Ortavant *et al.*, 1988; Usman *et al.*, 2019), si bien se evidencia una amplia variación en su extensión según las razas (Restall, 1992; Rivera *et al.*, 2003). A su vez, estos resultados son coincidentes en la presentación de una importante proporción de ovulaciones sin estro durante la transición del período de anestro a la estación sexual (Chemineau *et al.*, 1992), sugiriéndose que la falta previa de progesterona de un ciclo estral anterior, determinaría la ausencia de comportamiento estral (Rivera *et al.*, 2003).

En las hembras Criollo-Neuquinas se evidenció una importante presentación de ciclos estrales de corta duración (<13 días; Greyling, 1988) al comienzo de la

estación reproductiva (37.0 %) (Cueto *et al.*, 2008), en similitud con los resultados descriptos en otras razas caprinas de zonas templadas (Restall, 1992; Rivera *et al.*, 2003). En concordancia a los antecedentes bibliográficos, la presentación de ciclos estrales de

corta duración en el inicio de la estación reproductiva se relaciona con la regresión prematura del cuerpo lúteo, y su incidencia también podría explicarse como consecuencia de la falta previa de progesterona de un ciclo estral anterior (Chemineau, 1985).

Cuadro 1. Fechas promedio ( $\pm$ EE) de inicio y finalización de la actividad reproductiva y extensión promedio ( $\pm$ EE) del período de ovulaciones totales y ovulaciones con estro en cabras Criollo-Neuquinas. Otoño: 21 Mar – 21 Jun, Invierno: 21 Jun – 21 Sep, Primavera: 21 Sep – 21 Dic, Verano: 21 Dic – 21 Mar (Hemisferio Sur).

	Inicio (Fecha)	Finalización (Fecha)	Extensión (Días)
Ovulaciones*	25-Mar $\pm$ 1.2	5-Sep $\pm$ 4.9	165 $\pm$ 5.5
Ovulaciones con estros	4-Abr $\pm$ 4.2	27-Ago $\pm$ 4.6	146 $\pm$ 7.9

Ovulaciones totales (con y sin manifestación de estro).

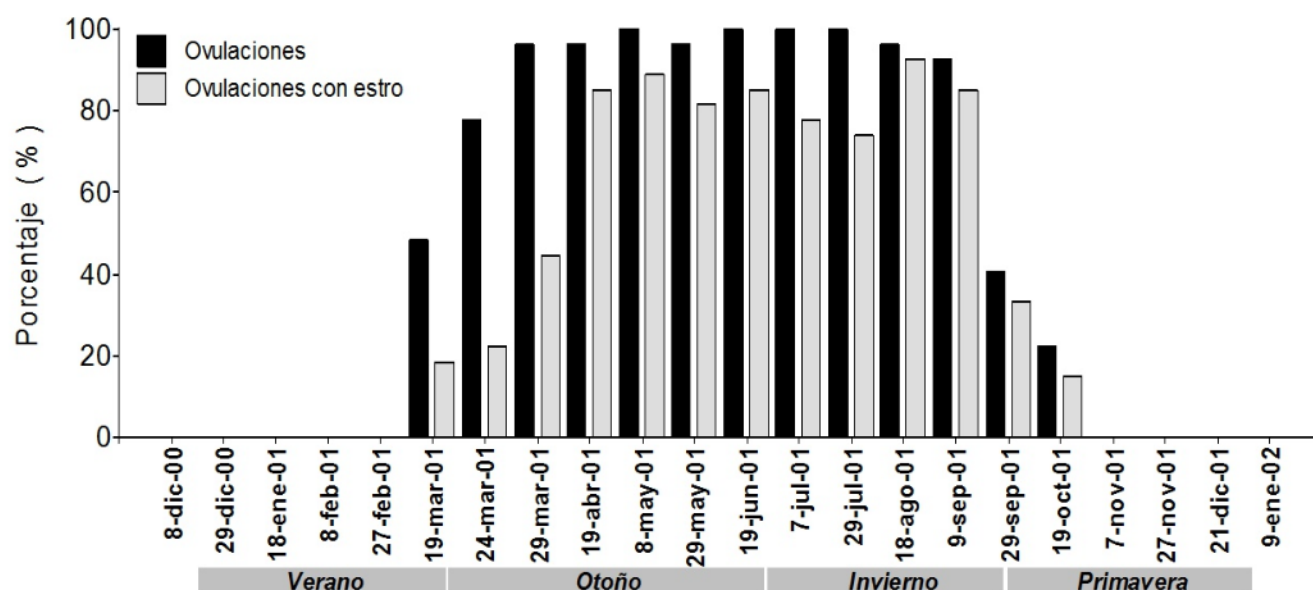


Figura 2. Variación estacional de las ovulaciones totales (con y sin manifestación de estros) y ovulaciones con estro en cabras Criollo-Neuquinas.

Los valores más altos de tasa media de ovulación ( $1.7 \pm 0.2$ ) se observaron entre fines de marzo y principios de mayo, en coincidencia con la estación otoñal. El valor mínimo de tasa media de ovulación ( $1.0 \pm 0.0$ ) se registró a comienzos de septiembre, poco antes de que los animales ingresaran en el período de anestro. Nuestros resultados indican que, de realizarse los servicios a partir de principios de abril, en el inicio de la estación sexual, se lograría un mayor número de partos dobles; refuerza este concepto los valores de prolificidad encontrados en el Campo Experimental Pilcaniyeu durante los años 1999 y 2000, que fueron similares a las tasas ovulatorias aquí descriptas y variaron entre 1.5 y 1.7 (Lanari, 2004). En referencia a la variación de la tasa de ovulación durante la estación reproductiva, los trabajos son coincidentes en que existe una importante variabilidad en la misma a lo largo de la estación sexual. A semejanza de nuestros resultados, Chemineau (1986) encontró en la raza Criolla de la Martinica, una disminución en la tasa de ovulación en el mes de mayo (primavera). Por el

contrario, Burguete *et al.* (1998) en la raza Murciano-Granadina, describieron un incremento de la prolificidad durante los servicios de invierno y primavera respecto al otoño y verano. Estas diferencias posiblemente estén ampliamente condicionadas por los factores raciales y ambientales propios de cada sistema de producción.

En conclusión, en el área de Sierras y Mesetas Occidentales, las cabras Criollo-Neuquinas presentan una actividad reproductiva estacional, caracterizada por un período de 5 meses de fertilidad, entre los meses de abril y agosto. Se remarca el elevado potencial reproductivo de la población de cabras Criollo-Neuquinas, manifestando una alta tasa de ovulación (1.7) aún en un sistema de producción extensivo, en comparación con otras razas introducidas y criadas en la región, tales como la Angora (valor promedio de prolificidad inferior a 1.1) (Mueller y Taddeo, 1993).



### Variación estacional de la actividad reproductiva en machos Criollo-Neuquinos

El comportamiento sexual, así como la actividad espermática están presentes en los machos caprinos a lo largo de todo el año, aunque también presentan estacionalidad (Chemineau *et al.*, 2010). Es así que las características reproductivas se ven influenciadas por la época del año, ya que, durante el período de reposo sexual, la secreción de LH y testosterona, el peso testicular y la producción espermática se encuentran disminuidos (Delgadillo *et al.*, 2001). A su vez, el comportamiento sexual de los machos se ve reducido, el número de montas disminuye y las copulaciones pueden desaparecer totalmente (Carrillo *et al.*, 2010). Estos parámetros presentan marcadas variaciones para cada raza y sistema de producción, condicionadas por los factores genéticos, el fotoperíodo, la disponibilidad de alimento, la temperatura, el régimen pluvial, la humedad y la presencia de las hembras (Ortavant *et al.*, 1988; Chemineau, 1992; Fernández Abella, 1993; Hafez, 1996; Grimaldo-Viesca *et al.*, 2020). En virtud de los antecedentes previamente mencionados, se planteó la necesidad de realizar un estudio descriptivo de las principales características reproductivas del macho caprino Criollo-Neuquino, y establecer su variación durante el año (Silvestre *et al.*, 2012).

El grupo experimental se conformó por 10 machos caprinos adultos, con dos años de edad al comienzo del estudio, clínicamente sanos, de condición corporal media y un alto grado de mansedumbre. Los animales fueron mantenidos bajo fotoperíodo natural y condiciones de pastoreo extensivo.

Las evaluaciones se llevaron a cabo mediante registros mensuales, durante el transcurso de un año a partir del mes de septiembre, considerándose las siguientes variables según la metodología descrita en Silvestre *et al.* (2012): Peso vivo (PV), Circunferencia escrotal (CE), Total de espermatozoides del eyaculado (TESP) mediante extracción seminal en vagina artificial, Porcentaje de machos con capacidad de servicio (PMCS) y media de montas efectivas (MME) en 20 minutos.

Los parámetros evaluados fueron reagrupados en dos períodos: primavera-verano (septiembre a febrero) y otoño-invierno (marzo a agosto) y se les realizó un análisis de varianza. La correlación PV-CE fue analizada mediante el análisis de correlación de Spearman.

El PV presentó su mínimo valor promedio ( $42.9 \pm 0.9$  kg) en el mes de septiembre, a partir del cual se

evidenció un marcado incremento hasta su máximo valor promedio de  $68.1 (\pm 1.3)$  kg en el mes de febrero (Figura 3). De manera similar, la CE presentó su mínimo valor promedio de  $24.8 \pm 0.6$  cm en el mes de septiembre y un máximo valor promedio de  $34.0 \pm 1.0$  cm durante febrero (Figura 3), evidenciándose una correlación significativa y positiva entre estas dos variables ( $r_s = 0.671$ ). La CE calculada para el período primavera-verano no presentó diferencias significativas con la obtenida en el período otoño-invierno ( $P > 0.05$ ). De la información presentada, se desprende que la CE evidenció una variación de tipo estacional, si bien no se presentaron diferencias significativas entre períodos debido a la variación continua del parámetro analizado. Estos resultados concuerdan con lo hallado en otros estudios, en los cuales se encontraron diferencias en el volumen testicular de machos cabríos Tinerfeños para los distintos meses estudiados (Benavente *et al.*, 2007), así como diferencias en la circunferencia escrotal en caprinos Criollos de la provincia de Tucumán durante el año (De la Vega *et al.*, 2006). La correlación hallada entre el peso vivo y el crecimiento testicular pondría de manifiesto la influencia del aporte cualitativo y cuantitativo del forraje en el desarrollo gonadal de los machos cabríos, a semejanza de los resultados de De la Vega *et al.* (2006), quienes postularon que la disponibilidad de alimento sería la responsable de la variación del tamaño testicular en los caprinos Criollos estudiados. Sin embargo, en otros sistemas de producción de latitudes templadas y frías donde la producción estacional de forraje no sería limitante, el fotoperíodo ha demostrado ser el principal determinante de las variaciones reproductivas estacionales (Ortavant, 1977; Delgadillo *et al.*, 1999, 2004; Benavente *et al.*, 2007).

El TESP presentó su mínimo valor promedio en el mes de septiembre ( $1\,476 \pm 474$  millones de espermatozoides) y un máximo valor promedio en el mes de abril ( $5\,792 \pm 503$  millones de espermatozoides), presentándose diferencias significativas entre el período primavera-verano y el período otoño-invierno ( $P < 0.05$ ). Los parámetros seminales difirieron significativamente con la época del año, y en coincidencia con lo observado en otras razas (Roca *et al.*, 1992; Karagiannidis *et al.*, 2000). En el período otoño-invernal (fotoperíodo decreciente) se presentó un incremento en el TESP, alcanzando su valor máximo en el mes de abril, en concordancia con lo hallado por Alvarez *et al.* (1999); dos meses después de que la circunferencia escrotal alcanzara su máximo valor promedio (febrero). Podría considerarse que debido a la duración de la espermatogénesis y al tránsito y maduración de los espermatozoides hasta el

epidídimo, se evidencia el transcurso de un tiempo hasta que ambas variables alcanzan su máximo valor (tamaño testicular y cantidad de espermatozoides totales en relación al solsticio de verano) (Ortavant *et al.*, 1985; Fernández Abella, 1993; Hafez, 1996).

El PMCS y la MME variaron a lo largo del año alcanzando los valores medios más altos en el trimestre abril-junio (100 % de los machos y  $3.0 \pm 0.2$  montas efectivas, respectivamente) (Figura 4). Los valores medios más bajos para estas variables se presentaron en el trimestre septiembre-noviembre (53 % de los machos y  $1.7 \pm 0.2$  montas efectivas, respectivamente). Se encontraron diferencias significativas en la MME entre el período primavera-verano y otoño-invierno ( $P < 0.05$ ). El PMCS varió conjuntamente con el valor medio de montas efectivas durante el año, lo que evidencia una relación positiva entre ambas variables. La estación sexual se manifestó a partir de diciembre hasta agosto, considerando que

más del 60 % de los machos realizaron montas efectivas durante ese período; en el período marzo-junio, más del 80 % de los machos presentó montas efectivas. Además, durante la estación reproductiva, los machos mostraron un comportamiento sexual más activo, siendo más agresivos, con peleas frecuentes. Presentaron un intenso olor, característico de la época de apareamiento. En los meses de septiembre a noviembre se registró la época de reposo sexual (menos del 60 % de los machos con capacidad de servicio), mostrándose indiferentes hacia la hembra en celo, así también como hacia el resto de los machos. Los resultados obtenidos en este trabajo en la raza Criollo-Neuquina son coincidentes con lo observado en otras razas, sistemas de producción y en diferentes latitudes (Al-Ghalban *et al.*, 2004; Todini *et al.*, 2007; Zarazaga *et al.*, 2009; Carrillo *et al.*, 2010; Hammoudi *et al.*, 2010), evidenciando una variación estacional en los parámetros analizados.

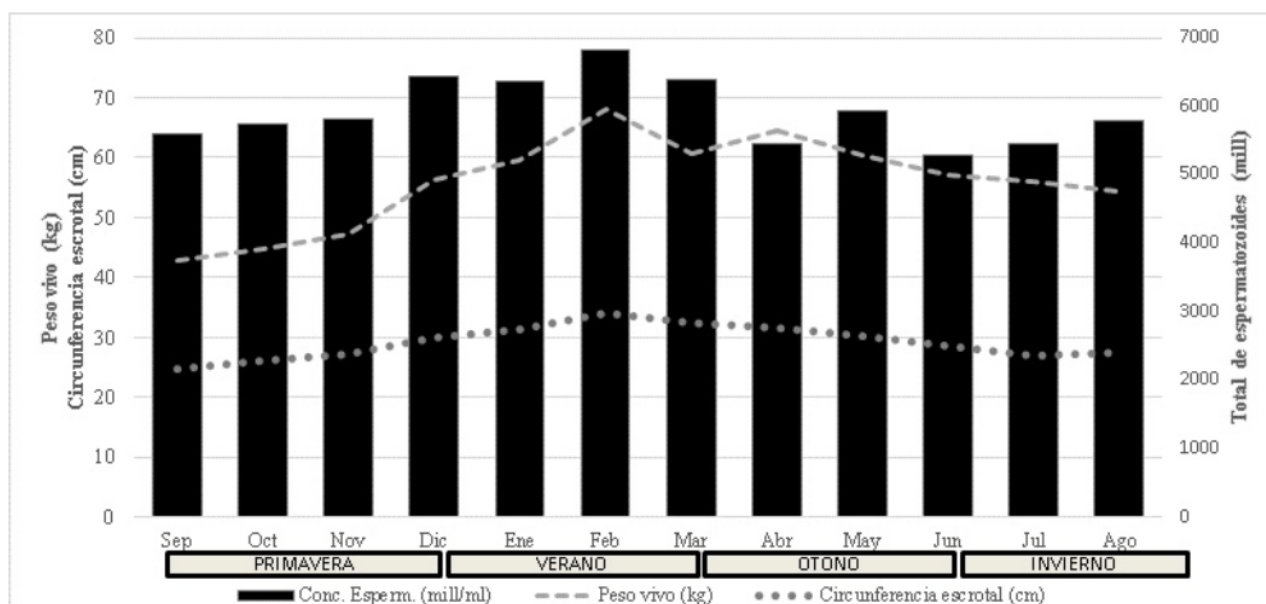


Figura 3. Variación mensual del peso vivo, la circunferencia escrotal y total de espermatozoides del eyaculado en machos caprinos Criollo-Neuquinos

En conclusión, los machos caprinos Criollo-Neuquinos evidenciaron una gran variación de la actividad sexual a lo largo del año, presentando la mayor actividad en el período marzo-junio. El máximo valor promedio de circunferencia escrotal se registró en febrero, alcanzándose 2 meses después, la máxima capacidad de servicio y media de montas efectivas, con la mayor producción espermática total por eyaculado. La información de referencia permite mejorar el manejo de los servicios a campo o a corral y ajustar la estación de colectas seminales con destino a la inseminación artificial para los programas de conservación o mejoramiento genético del caprino Criollo-Neuquino.

### Inicio de la actividad sexual en cabritas Criollo-Neuquinas y eficiencia reproductiva de sus crías en el primer otoño de vida

En los sistemas productivos de cría, el inicio precoz de la etapa reproductiva en las categorías jóvenes, también llamadas de reposición, tiene consecuencias directas en la mejora de la eficiencia reproductiva de los hatos. Las hembras caprinas por lo general entran en la pubertad en el otoño posterior a su nacimiento; sin embargo, en las latitudes por arriba de los 40° o en hembras subnutridas, la mayoría de las cabras se cubre durante la segunda estación de apareamiento posterior a su nacimiento, a una edad promedio de 17 a 18 meses (Espinoza-Flores *et al.*, 2019).



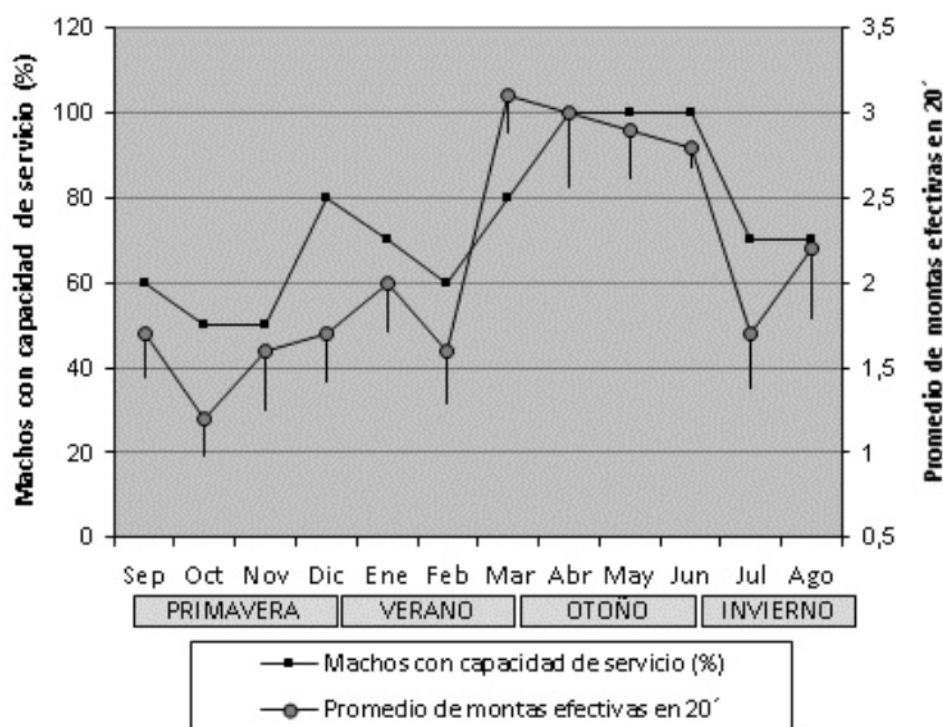


Figura 4. Variación mensual del porcentaje de machos con capacidad de servicio y media mensual de montas efectivas en caprinos Criollo-Neuquinos.

La pubertad es el resultado de un ajuste gradual entre la actividad gonadotrófica creciente y la capacidad de las gónadas de asumir la gametogénesis (Hafez, 1996); más específicamente es la edad a partir de la cual las hembras pueden quedar preñadas y llevar una preñez a término (Valasi *et al.*, 2012). El inicio del ciclo estral está regulado principalmente por un conjunto de señales hormonales y bioquímicas que condicionan el inicio de la ciclicidad y están relacionadas al fotoperíodo, la estación de nacimiento, tasa de crecimiento, el peso vivo, stress nutricional y las relaciones con otros individuos de la misma especie (Valasi *et al.*, 2012; Delgadillo *et al.*, 2020). En este sentido, el inicio de la pubertad en pequeños rumiantes está más fuertemente asociado al peso vivo que a la edad, describiéndose la existencia de un peso umbral o crítico por debajo del cual no se iniciará la pubertad; por consiguiente es importante tener en cuenta que el peso vivo que alcancen las cabritas a su primer servicio determinará la probabilidad de que queden preñadas.

Se evaluó la eficiencia reproductiva mediante la tasa de preñez en hembras Criollo-Neuquinas, en las categorías de diente de leche (8 meses de edad) y dos dientes (20 meses de edad), así como la eficiencia reproductiva de las crías nacidas de ambas categorías (Gibbons y Cueto, 2008).

Se utilizaron 30 cabrillas primíparas de 2 dientes y 30 cabritas Criollo-Neuquinas diente de leche que permanecieron junto a sus madres hasta los cuatro meses de edad (destete), conformándose 3 grupos experimentales:

Grupo A, cabritas diente de leche sin servicio (n= 15)

Grupo B, cabritas diente de leche con su primer servicio a los 8 meses de edad (n= 15)

Grupo C, cabrillas 2 dientes con su primer servicio a los 20 meses de edad (n= 30).

Los grupos B y C recibieron servicio a campo con un 4 % de machos adultos de la misma raza por 40 días durante la estación reproductiva.

Se llevó un registro del peso vivo de las hembras de los tres grupos experimentales, así como de las crías de los grupos B y C en distintos momentos del ciclo productivo. Los datos se analizaron mediante análisis de varianza y test de Tukey.

A lo largo del año de estudio, se observó que las cabritas del grupo B llegaron a su segundo servicio con 6 kg menos que las cabritas sin servicio del grupo A (Cuadro 2). Esta diferencia en el peso vivo promedio entre ambos grupos podría deberse al gasto energético incurrido en la gestación y período de lactancia de las cabritas del grupo B en comparación con las del grupo A.

Cuadro 2. Peso vivo (media $\pm$ DE) en cabras Criollo-Neuquinas diente de leche (con y sin servicio) y cabras dos dientes en distintos momentos del ciclo productivo. Otoño: 21 Mar – 21 Jun, Invierno: 21 Jun – 21 Sep, Primavera: 21 Sep – 21 Dic, Verano: 21 Dic – 21 Mar (Hemisferio Sur).

Momentos del ciclo productivo	Cabritas sin servicio*	Cabritas con servicio*	Cabrillas con servicio**
	Grupo A (kg)	Grupo B (kg)	Grupo C (kg)
Primer servicio (mayo)	21.0 $\pm$ 3.3 <sup>a</sup>	21.3 $\pm$ 2.5 <sup>a</sup>	32.7 $\pm$ 2.6 <sup>b</sup>
Preparto (septiembre)	21.7 $\pm$ 2.8 <sup>a</sup>	22.4 $\pm$ 2.0 <sup>a</sup>	34.2 $\pm$ 3.3 <sup>b</sup>
Post parto (diciembre)	29.3 $\pm$ 2.4 <sup>a</sup>	25.1 $\pm$ 2.2 <sup>b</sup>	35.8 $\pm$ 3.4 <sup>c</sup>
Destete (febrero)	33.7 $\pm$ 3.7 <sup>a</sup>	27.5 $\pm$ 2.0 <sup>b</sup>	36.8 $\pm$ 3.4 <sup>c</sup>
Segundo servicio (mayo)	35.9 $\pm$ 4.3 <sup>a</sup>	30.2 $\pm$ 2.0 <sup>b</sup>	39.0 $\pm$ 3.3 <sup>c</sup>

8 meses de edad (mayo)

\*\*20 meses de edad (mayo)

Los porcentajes de preñez de los grupos B y C fueron de 85 y 100 %, con una prolificidad del 100 y 130 %, respectivamente.

Al analizar los valores de peso vivo entre los meses de octubre (nacimiento) y mayo, se observó que todas las crías, independientemente de la edad de sus madres o del tipo de nacimiento, alcanzaron prácticamente el mismo peso vivo a los 8 meses de edad (Cuadro 3).

Cuadro 3. Peso vivo (media  $\pm$  DE) de crías nacidas de cabritas Criollo-Neuquinas diente de leche y cabrillas 2 dientes según el tipo de nacimiento. Otoño: 21 Mar – 21 Jun, Invierno: 21 Jun – 21 Sep, Primavera: 21 Sep – 21 Dic, Verano: 21 Dic – 21 Mar (Hemisferio Sur).

Epoca del año	Peso vivo (kg)		
	Crías de cabritas* (simples)	Crías de cabrillas** (simples)	Crías de cabrillas** (dobles)
Nacimiento (octubre)	2.4 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	2.9 $\pm$ 0.2 <sup>b</sup>	2.3 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>
Dos meses de edad (diciembre)	7.4 $\pm$ 1.5 <sup>ab</sup>	8.7 $\pm$ 2.3 <sup>a</sup>	6.2 $\pm$ 1.1 <sup>b</sup>
Destete (febrero)	16.6 $\pm$ 1.8 <sup>a</sup>	19.3 $\pm$ 2.0 <sup>b</sup>	14.7 $\pm$ 1.9 <sup>a</sup>
Servicio (mayo)	22.4 $\pm$ 2.3 <sup>a</sup>	22.6 $\pm$ 2.2 <sup>a</sup>	22.2 $\pm$ 1.8 <sup>a</sup>

8 meses de edad al servicio (mayo)

\*\*20 meses de edad al servicio (mayo)

Las cabritas Criollo-Neuquinas (8 meses de edad a su primer servicio), con un peso vivo al servicio de aproximadamente el 55 % de la categoría adulta (40 kg), evidenciaron una alta capacidad reproductiva en su primer otoño de vida, alcanzando un índice de preñez del 85 %. La alta eficiencia de cría de esta categoría se manifestó en el peso vivo de sus cabritos, que alcanzaron el peso de faena alrededor de los 4 meses de edad (Destete) y alcanzaron un peso vivo similar a las crías de madres 2 dientes (a los 8 meses de edad). A su vez, se destaca la capacidad de crecimiento de las cabritas diente de leche, que fueron capaces de aumentar su peso vivo aún durante el período de lactancia. En la misma raza, Fernandez *et al.* (2018) describieron un 30 % y un 0 % de actividad cíclica en hembras que habían alcanzado un peso vivo de 16.3 y 10.6 kg a los 8 meses de edad, señalando la importante relación entre la nutrición y la ciclicidad reproductiva durante los primeros meses de vida (Espinoza-Flores *et al.*, 2019). A diferencia de estos resultados, en la raza Angora en la misma región, se

describe que las cabritas y cabritos alcanzan la edad reproductiva recién en su segundo otoño de vida (18 meses), cuando se han desarrollado corporalmente (Cueto *et al.*, 2000).

Asimismo, las cabrillas 2 dientes (20 meses de edad a su primer servicio) alcanzaron una alta eficiencia reproductiva, ya que con un peso corporal medio del 80 % del peso adulto, manifestaron índices de preñez y prolificidad del 100 y 130 %, respectivamente. Independientemente del tipo de parto, las crías de las cabrillas 2 dientes alcanzaron el peso de servicio en su primer otoño de vida.

Por lo tanto, se concluye que las cabritas Criollo-Neuquinas, en el ambiente de Sierras y Mesetas Occidentales, pueden recibir servicio durante su primer otoño de vida, lográndose un mayor número de chivitos para la venta y sin afectar el futuro reproductivo de esta categoría y sus crías.



## Inicio de la actividad sexual en cabritos Criollo-Neuquinos

El conocimiento sobre el inicio de la pubertad y la maduración sexual en una raza o ecotipo resulta de suma importancia para un buen manejo reproductivo de los animales domésticos. La mayoría de las razas caprinas son reproductoras estacionales, la edad de la pubertad en los machos difiere entre ellas y se encuentra influenciada por las condiciones ambientales y el sistema de producción (Torretta *et al.*, 2017).

El inicio de la pubertad en el macho se puede evaluar mediante distintas determinaciones, tales como el registro del peso vivo y diámetro escrotal, desprendimiento de la membrana prepucial y determinación del comportamiento sexual hasta comprobar el servicio (Chemineau y Thimonier, 1986).

A fin de evaluar la actividad sexual de los cabritos Criollo-Neuquinos, se determinó la edad promedio del desprendimiento de la membrana prepucial y de la capacidad de servicio, y la relación entre estas dos variables con el peso vivo y la circunferencia escrotal durante su primer otoño de vida (Gibbons *et al.*, 2009).

Un total de 33 cabritos Criollo-Neuquinos fueron evaluados en condiciones extensivas de producción, desde los  $180 \pm 5$  días (abril) hasta los  $270 \pm 5$  días de edad (julio), determinándose mensualmente la presencia de membrana prepucial, capacidad de servicio, peso vivo y circunferencia escrotal. La prueba de capacidad de servicio se realizó mediante la introducción de cada cabrito en corrales ( $25 \text{ m}^2$ ) con la presencia de cuatro cabras en estro inducido durante un período de 10 minutos. Los valores medios mensuales de PV y CE fueron analizados estadísticamente mediante un análisis de varianza.

Las respectivas tasas mensuales de cabritos que presentaron desprendimiento de su membrana prepucial y capacidad de servicio fueron 6.6; 78.3; 78.3; 82.6 % y 18.7; 50.0; 61.1; 63.1 % durante los meses de abril (180 días) a julio (270 días de edad). En este período, los pesos vivos y circunferencias escrotales medios mensuales fueron  $17.3 \pm 0.07$ ;  $19.7 \pm 0.07$ ;  $19.2 \pm 0.06$ ;  $17.8 \pm 0.06$  kg y  $16.5 \pm 0.08$ ;  $16.7 \pm 0.08$ ;  $17.6 \pm 0.08$ ;  $17.2 \pm 0.07$  cm, respectivamente.

Los cabritos sin membrana prepucial presentaron progresivamente valores medios significativamente mayores en su peso vivo y en su circunferencia escrotal con respecto a los cabritos con membrana prepucial intacta ( $P < 0.05$ ) (Cuadro 4). Asimismo, los cabritos con capacidad de servicio tuvieron valores medios significativamente mayores en peso vivo y circunferencia escrotal con respecto a los cabritos sin capacidad de servicio ( $P < 0.05$ ) (Cuadro 5).

En este estudio el 50 % de los cabritos Criollo-Neuquinos presentaron capacidad de servicio a los 7 meses de edad (mes de mayo), con un 30 % del peso adulto considerado para su raza (64 kg). Durante su primer otoño de vida, aproximadamente el 60 % de los cabritos alcanza la capacidad de servicio. Según las razas se presentan variaciones en la edad media en que los cabritos adquieren capacidad reproductiva, pudiendo variar entre los 4 a 8 meses (Nishimura *et al.*, 2000). En ovinos, Dyrmondsson y Less (1972) determinaron que los corderos de raza Clun Forest pueden alcanzar la pubertad cuando logran un peso corporal del 35-45 % del peso adulto.

Las diferencias mensuales en el peso corporal y el tamaño testicular entre los animales con y sin desprendimiento de la membrana prepucial señalan la importancia que tiene el desarrollo corporal y gonadal sobre la liberación del pene para lograr la erección y por ende la capacidad copulatoria. La nutrición es un factor de alta incidencia sobre el desarrollo general del individuo, su crecimiento corporal y el desarrollo de sus órganos reproductivos y por ende en el comienzo de su pubertad (Dowing, 1980).

Según las observaciones realizadas el desarrollo de la capacidad reproductiva es un proceso gradual en el cual el peso corporal sería mejor indicador que la edad para determinar la pubertad en los cabritos Criollo-Neuquinos, en coincidencia con otros autores (ovino: Dyrmondsson, 1973 y caprino: Belibasaki y Kouimtzi, 2000).

Sin embargo, no solamente hay que tener en consideración el grado de crecimiento corporal y tamaño testicular, sino que, además, la edad mínima establece un límite por debajo del cual no se expresaría la pubertad, independientemente del peso vivo (Dyrmondsson y Less, 1972). Por lo tanto, se debe considerar que el peso vivo y la edad presentan valores mínimos necesarios para que una determinada raza sea susceptible de alcanzar la pubertad.

Cuadro 4. Circunferencia escrotal y peso vivo mensual de abril a julio en cabritos Criollo-Neuquinos con y sin membrana prepucial (media  $\pm$  EE). Otoño: 21 Mar – 21 Jun, Invierno: 21 Jun – 21 Sep, Primavera: 21 Sep – 21 Dic, Verano: 21 Dic – 21 Mar (Hemisferio Sur).

Parámetro	Variable de clasificación	Determinaciones mensuales			
		abril	mayo	junio	julio
Peso vivo (kg)	Con membrana prepucial	13.8 $\pm$ 0.1	16.7 $\pm$ 0.2	16.3 $\pm$ 0.1	15.5 $\pm$ 0.08
	Sin membrana prepucial	18.9 $\pm$ 0.1	20.5 $\pm$ 0.08	19.9 $\pm$ 0.08	18.4 $\pm$ 0.07
	Significancia	p < 0.01	p < 0.01	p < 0.01	p < 0.05
CE (cm)	Con membrana prepucial	12.6 $\pm$ 0.1	12.2 $\pm$ 0.1	12.8 $\pm$ 0.2	12.9 $\pm$ 0.3
	Sin membrana prepucial	18.2 $\pm$ 0.1	17.9 $\pm$ 0.1	19.2 $\pm$ 0.1	17.9 $\pm$ 0.1
	Significancia	p < 0.01	p < 0.01	p < 0.01	p < 0.01

CE= circunferencia escrotal

Cuadro 5. Circunferencia escrotal y peso vivo mensual de mayo a julio en cabritos Criollo-Neuquinos con y sin capacidad de servicio (media  $\pm$  EE). Otoño: 21 Mar – 21 Jun, Invierno: 21 Jun – 21 Sep, Primavera: 21 Sep – 21 Dic, Verano: 21 Dic – 21 Mar (Hemisferio Sur).

Parámetro	Variable de clasificación	Determinaciones mensuales		
		mayo	junio	julio
Peso vivo (kg)	Con capacidad de servicio	21.6 $\pm$ 0.1	21.2 $\pm$ 0.1	19.5 $\pm$ 0.08
	Sin capacidad de servicio	18.4 $\pm$ 0.1	17.3 $\pm$ 0.1	15.7 $\pm$ 0.1
	Significancia	p < 0.05	p < 0.01	p < 0.05
CE (cm)	Con capacidad de servicio	19.7 $\pm$ 0.1	20.3 $\pm$ 0.1	19.2 $\pm$ 0.1
	Sin capacidad de servicio	14.8 $\pm$ 0.1	15.0 $\pm$ 0.1	14.5 $\pm$ 0.1
	Significancia	p < 0.01	p < 0.01	p < 0.01

CE= circunferencia escrotal

Se concluye que la proporción de cabritos Criollo-Neuquinos que presenta desprendimiento de su membrana prepucial y que presenta capacidad de servicio aumenta progresivamente durante la primera estación reproductiva, estando considerablemente asociada al peso vivo y a la circunferencia testicular. Durante su primer otoño de vida, aproximadamente el 60 % de los cabritos alcanza la capacidad de servicio.

#### Efecto macho aplicado en cabras Criollo-Neuquinas en el inicio de la estación reproductiva

En el ganado caprino, durante la transición de la época de anestro a la estación reproductiva, la incorporación de los machos a un grupo aislado de hembras en anestro, ejerce un estímulo neurohormonal sobre su fisiología reproductiva, induciendo la actividad sexual. Este estímulo se denomina “Efecto Macho” y se encuentra modulado por distintos factores, entre ellos la profundidad del anestro, el genotipo y el sistema de producción, permitiendo concentrar un porcentaje variable de estros fértiles en los días siguientes a la introducción de los machos (Chemineau, 1983: 90 % en los días 7 a 12; Allan, 1992: 67 % en los días 8 a 11; Walkden-Brown *et al.*, 1993: 33 % en los días 7 a 8; Gibbons *et al.*, 1994: 43 % en los días 8 a 10).

Diversos autores pusieron en evidencia que existe una respuesta diferencial al efecto macho según el genotipo, concluyendo que las razas con actividad reproductiva más estacional responden en menor medida al estímulo de los machos (Chemineau, 1987). Estas diferencias raciales se manifiestan en la proporción de hembras que ovula en respuesta al efecto macho, así como en el momento de presentación de la primera ovulación y comportamiento estral (Chemineau, 1987).

Con base a los antecedentes expuestos, el objetivo de nuestro trabajo fue caracterizar el efecto de la introducción de los machos, al inicio de la estación reproductiva, sobre la presentación de los estros y las ovulaciones en la cabra Criollo-Neuquina (Cueto *et al.*, 2004). Para ello se utilizó un total de 27 cabras adultas, que permanecieron aisladas de los machos durante los 9 meses previos al estudio. Las mismas presentaron una condición corporal media y se mantuvieron en condiciones extensivas de pastoreo durante todo el ensayo. Al comienzo de la estación reproductiva, en el mes de marzo, tres machos adultos vasectomizados se incorporaron al hato de cabras (día 0), durante un período de 34 días (28-Mar-30 Abr). Se tomaron los siguientes registros: a) Detección diaria de los estros a corral mediante la utilización de machos marcadores.



b) Determinación de la presencia de cuerpos lúteos por observación laparoscópica a los 0; 7; 22 y 34 días post introducción de los machos (Cueto *et al.*, 2004).

Los valores de presentación de estros y ovulaciones en respuesta al efecto macho se presentan en el cuadro 6. Se evidenció que previo a la introducción de los machos, el total de las hembras Criollo-Neuquinas se encontraban en anestro. A los 6 días luego de la incorporación de los machos, se registró un alto porcentaje de cabras ovuladas, aunque sólo una baja proporción manifestó estro. El total de estas ovulaciones fue seguido por un ciclo estral de corta duración (< 6 días). En el día 14 post incorporación de los machos, se registró la casi totalidad de las cabras ovuladas, de las cuales una alta proporción manifestó estro. La mayoría de estas ovulaciones fue seguida por un ciclo estral de duración normal (19-21 días).

Cuadro 6. Presentación de estros y ovulaciones luego de la introducción de los machos en cabras Criollo-Neuquinas. Otoño: 21 Mar – 21 Jun, Invierno: 21 Jun – 21 Sep, Primavera: 21 Sep – 21 Dic, Verano: 21 Dic – 21 Mar (Hemisferio Sur).

	Días post introducción de los machos		
	0	6	14
Ovulaciones (%)	0	88.9	96.3
Estros (%)	0	11.1	81.5
Estros seguidos de ciclo estral de corta duración (%)	0	100.0	3.7

Las cabras Criollo-Neuquinas manifestaron más de 80 % de los estros, en la mayoría de los casos correspondientes a la segunda ovulación, en forma concentrada entre los días 8 al 11 post introducción de los machos y el 96.3 % de estos estros fue seguido por un ciclo estral de duración normal ( $20 \pm 3$  días).

Del análisis de la información se evidencia que, si bien la proporción de primeras ovulaciones post introducción de los machos fue alta, en la mayoría de los casos no estuvo acompañada de la manifestación de estro; al mismo tiempo estos estros presentarían baja fertilidad, debido a la regresión prematura de los cuerpos lúteos (Chemineau, 1983; Chemineau *et al.*, 2006). Estos autores postularon que los ciclos estrales cortos se asocian a una secreción débil y transitoria de progesterona.

Luego de las primeras ovulaciones, se constató una segunda concentración de ovulaciones, con valores cercanos al 100 % en el día 14 post introducción de los machos. Estas segundas ovulaciones fueron acompañadas en su gran mayoría de la manifestación de comportamiento estral, registrándose la primera

concentración de estros entre los días 8-11 post introducción de los machos. Estos resultados están en concordancia con la información aportada por otros trabajos experimentales, si bien se observan diferencias en cuanto a la proporción de cabras con comportamiento estral y concentración de los estros (Chemineau, 1983; Gibbons *et al.*, 1994). De tal manera que se pone en evidencia la gran variabilidad en la respuesta al efecto macho, según las razas, latitud, profundidad del anestro reproductivo, intensidad del estímulo y sistema de producción.

Asimismo, se verificó que la casi totalidad de las segundas ovulaciones con estro fueron sucedidas por un ciclo estral de duración normal, reforzándose el concepto expresado en la bibliografía de que luego de las segundas ovulaciones post introducción de los machos se re-establece la extensión normal de los ciclos estrales, que consecuentemente presentan una alta fertilidad (Chemineau, 1983, Gibbons *et al.*, 1994). La base fisiológica para el establecimiento de los ciclos sexuales normales estaría supeditada a la presencia de una fase luteal anterior, por lo que se sugiere que el sistema hipotálamo-hipófisis podría requerir, tal como se mencionara con anterioridad, una imprimación previa de progesterona.

Al extrapolar estos resultados al sistema caprino Criollo-Neuquino, se constata que los productores, debido a la necesidad de estacionar el servicio, separan los machos del hato durante el resto del año, dejándolos al cuidado de un "castronero". Al momento del servicio en otoño, el ingreso de los machos al hato luego del prolongado período de aislamiento, induce una concentración de estros fértiles, que inicia el ciclo reproductivo anual (Lanari, 2004), de tal manera que el nacimiento de las crías se produce de forma concentrada durante el período primaveral.

En conclusión, la incorporación de los machos al inicio de la estación reproductiva induce la actividad sexual en cabras Criollo-Neuquinas, presentándose una gran concentración de estros con ovulación entre los días 8 y 11 post introducción de los machos.

### Caracterización de la dinámica folicular preovulatoria en cabras Criollo-Neuquinas

La información disponible acerca de los eventos foliculares preovulatorios en cabras y ovejas demuestra que existen distintas estrategias reproductivas que condicionan el desarrollo folicular preovulatorio y que determinan las variaciones en la tasa de ovulación entre distintos genotipos (ovinos: Driancourt *et al.*, 1986; caprinos: Rubianes y Menchaca,

2003), tales como la cantidad de folículos reclutados, la extensión del período de reclutamiento folicular y la tasa de selección o de atresia folicular.

En la especie bovina, la bibliografía tendiente a explicar los mecanismos que determinan la dinámica folicular preovulatoria y la tasa de ovulación han demostrado fehacientemente la existencia de folículos preovulatorios que ejercen un efecto de “dominancia folicular” sobre el resto de los folículos de la cohorte o folículos “subordinados”; esto es, en tanto ellos continúan su crecimiento y desarrollo hasta la ovulación, los demás folículos de la cohorte entran en atresia folicular (Goodman y Hodge, 1983). Este fenómeno reviste gran importancia en el bovino, debido a que “asegura” la ovulación de un solo ovocito por ciclo estral, siendo ésta una especie monovular. En cabras, la alta incidencia de ciclos poliovulatorios ( $\geq 2$  ovulaciones ovulaciones/ciclo estral), condujo a la introducción del concepto de “co-dominancia” para explicar la existencia de dos o más folículos preovulatorios en la onda de crecimiento folicular terminal (Rubianes y Menchaca, 2003); asimismo, existen ciclos estrales en los cuales, algunos folículos preovulatorios emergen con posterioridad, crecen y alcanzan la ovulación en presencia de otros folículos preovulatorios que emergieron previamente (Ginther y Kot, 1994; González-Bulnes *et al.*, 2005).

Estudios realizados por nuestro grupo de trabajo (Cueto *et al.*, 2006), con el objetivo de estudiar la dinámica folicular preovulatoria y su relación con la tasa de ovulación en cabras de la raza Criollo-Neuquina, permitieron caracterizar los eventos foliculares preovulatorios (momento de aparición y tasa de crecimiento de los folículos preovulatorios) durante la fase folicular del ciclo estral en hembras mono y poliovulares. Durante la estación reproductiva (mayo), 20 cabras adultas multíparas Criollo-Neuquinas fueron sincronizadas en sus estros y sometidas a laparoscopías ováricas en los días 17 y 19 después del estro inducido y a las 7 a 15 h después del comienzo del estro natural. Las observaciones laparoscópicas se realizaron mediante telescopio de 4 mm y aguja de Veress, identificándose todos los

folículos  $\geq 2$  mm. Los folículos se clasificaron en folículos totales ( $\geq 2$  mm de diámetro) y folículos chicos o pequeños (2-3 mm de diámetro) (Cueto *et al.*, 2006).

Los resultados obtenidos en el total de las cabras (ovulación simple,  $n=8$ ; ovulación doble,  $n=12$ ), indicaron que la mayoría de los folículos preovulatorios emergieron del conjunto de folículos presentes en el ovario entre los días 17 y 19 del ciclo estral. Estos folículos fueron todos mayores de 2 mm, y en el 56.3 y 78.1 % correspondieron al mayor folículo en crecimiento presente en los ovarios en el día 17 y 19 del ciclo estral, respectivamente. Al considerar las cabras con ovulación doble, se observó que el 75 % de los segundos folículos preovulatorios estaba presente en la superficie ovárica entre los días 17 y 19 del ciclo estral, pero en el 25 % restante, apareció con posterioridad al día 19, lo cual es consistente con el concepto de co-dominancia (Rubianes y Menchaca, 2003). Los folículos preovulatorios, o bien emergieron al mismo tiempo, crecieron a similar velocidad y alcanzaron un diámetro máximo semejante al inicio del estro, o bien cuando emergieron uno con posterioridad al otro, el segundo folículo preovulatorio creció a igual velocidad que el primero, pero durante un período de tiempo más breve, alcanzando consiguientemente un tamaño máximo menor. Cabe destacar que el menor diámetro folicular preovulatorio es una característica ampliamente descrita en las razas ovinas prolíficas (Driancourt *et al.*, 1986; Souza *et al.*, 2004), en las cuales se produce una rápida diferenciación de los folículos preovulatorios, debido a una reducida cantidad de células de la granulosa (Souza *et al.*, 2004).

En este estudio, la comparación de las principales características de la dinámica folicular entre los ciclos monoovulares y poliovulares constituyó un valioso aporte al conocimiento de las estrategias que determinan la tasa de ovulación en la cabra Criollo-Neuquina, constatándose una de las estrategias reproductivas presente en las razas prolíficas ovinas. Al mismo tiempo, se ratificó el concepto de co-dominancia ya descrito en otras razas caprinas.

## Conclusiones

Esta revisión sobre la caracterización reproductiva de la raza Criollo-Neuquina, en condiciones de cría extensiva, permite concluir sobre los siguientes aspectos:

La actividad reproductiva de la raza Criollo-Neuquina es marcadamente estacional, con apareamientos en otoño y pariciones en primavera.

Las hembras presentan un período de estros fértiles de 5 meses, comprendido entre los meses de abril y agosto.

Los machos caprinos Criollo-Neuquinos exhibieron una gran variación de la actividad sexual a lo largo del año, presentando la mayor actividad entre marzo y junio con más del 80 % de machos con montas efectivas.



Tanto machos como hembras son precoces en su desarrollo, siendo fértiles a partir de su primer otoño de vida, siempre que alcancen un peso vivo y un estado corporal adecuado. - Las cabras Criollo-Neuquinas presentan una concentración de estros superior al 80 % entre los 8 a 11 días post introducción de los machos.

La dinámica folicular preovulatoria presentó algunas de las estrategias reproductivas descritas en las razas prolíficas de las hembras ovinas.

**Conflicto de intereses.** Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés.

### Reconocimientos

Los autores agradecen al personal del Campo Experimental Pilcaniyeu del INTA Bariloche por el cuidado del Núcleo de caprinos Criollo-Neuquinos y la ayuda con el trabajo de campo.

### Literatura Citada

- Al-Ghalban, A., Tabbaa, M., Kridlib, R. 2004. Factors affecting semen characteristics and scrotal circumference in Damascus bucks. *Small Rumin. Res.* 53: 141-149. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921448803003286>
- Allan, C. 1992. Naturally synchronized oestrus in Australian Bush does. In: *Recent Advances in Goat Production. Proc. V Inter. Conf. on Goats.* New Delhi, India. 2-8 March.
- Alvarez, M., Kaabi, M., Anel, L., Anel, E., Rodríguez, C., Pérez, J., Aparicio, N., Méndez, P., Martínez, S. 1999. Variación estacional de la producción espermática en morruecos de la raza Assaf SEOC, Soria. pp. 193-196.
- Augusto, L., Deleo-Rodrigues, A., Fonseca-Merighe, G., Aparecida de Oliveira, S., Facholi-Bomfim, G., Negrao, J. 2020. Influence of male on estrus behavior, estradiol and progesterone release and puberty onset on prepubertal Saanen goats. *Semina: ciencias agrarias, Londrina* 41:1247-1258. DOI: 10.5433/1679-0359.2020.v41n4p1247
- Belibasaki, S., Kouimtzi, S. 2000. Sexual activity and body and testis growth in prepubertal ram lambs of Friesland, Chios, Karagouniki and Serres dairy sheep in Greece. *Small Rumin. Res.* 37: 109-113. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921448899001315>
- Benavente, M., Fresno, M., Delgado, J. 2007. Volumen Volumen testicular en macho cabrío Tinerfeño. *Archivos de Zootecnia* 56: 551-556.
- Burguete, I., Quiles, A., Ramírez, A., Hevia, M., Vallejo, M. 1998. Effect of buck, year and season of insemination on prolificacy of Murciano-Granadina goats. *Small Rumin. Res.* 29: 121-123. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921448897000977>
- Carrillo, E., Meza-Herrera, C., Véliz, F. 2010. Reproductive seasonality of young French-alpine goat bucks adapted to subtropical conditions in Mexico. *Técnica Pecuaria en México* 48: 169-178. URL: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/2013032283>
- Chemineau, P. 1983. Effect on oestrus and ovulation of exposing Creole goats to the male at three times of the year. *J. Reprod. Fert.* 67: 65-72.
- Chemineau, P. 1985. Effects of a progestagen on buck-induced short ovarian cycles in the Creole meat goat. *Anim. Reprod. Sci.* 9: 87-94. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0378432085900442>
- Chemineau, P. 1985. Effects of a progestagen on buck-induced short ovarian cycles in the Creole meat goat. *Anim. Reprod. Sci.* 9: 87-94. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0378432085900442>
- Chemineau, P. 1986. Sexual behaviour and gonadal activity during the year in the tropical Creole meat goat. I. Females oestrous behaviour and ovarian activity. *Reprod. Nutr. Dev.* 26: 441-452. URL: [https://rnd.edpsciences.org/articles/rnd/pdf/1986/03/RND\\_0181-1916\\_1986\\_26\\_2A\\_ART0006.pdf](https://rnd.edpsciences.org/articles/rnd/pdf/1986/03/RND_0181-1916_1986_26_2A_ART0006.pdf)
- Chemineau, P. 1987. Possibilities for using bucks to stimulate ovarian and oestrus cycles in anovulatory goats. A review. *Livestock Prod. Sci.* 17: 135-147.
- Chemineau, P. 1992. Medio ambiente y reproducción animal. *Revista Mundial de Zootecnia* 77: 14. URL: <http://www.fao.org/ag/Aga/AGAP/FRG/FEEDback/War/v1650b/v1650b04.htm>
- Chemineau, P., Bodin, L., Migaud, M., Thiery, J., Malpoux, B. 2010. Neuroendocrine and genetic control of seasonal reproduction in sheep and goats. *Reprod. Domest. Anim.* 45: 42-49. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1439-0531.2010.01661.x>

- Chemineau, P., Daveau, A., Maurice, F., Delgadillo, J. 1992. Seasonality of oestrus and ovulation is not deeply modified by submitting Alpine goats to a tropical photoperiod. *Small Rumin. Res.* 8: 299-312. URL: <https://link.springer.com/article/10.1186/1472-6793-4-12>
- Chemineau, P., Pellicer-Rubio, M., Lassoued, N., Khaldi, G., Monniaux, D. 2006. Male induced short oestrous and ovarian cycles in sheep and goats: a working hypothesis. *Reprod. Nutr. Dev.* 46: 417-429. URL: <https://rnd.edpsciences.org/articles/rnd/abs/2006/05/r6408/r6408.html>
- Chemineau, P., Thimonier, J. 1986. Methods for evaluation of reproductive and growth-rate performance in local breeds of tropical sheep and goat in an experimental station. *World Review of Anim. Prod.* XXII: 27-33.
- Chemineau, P., Xande, A. 1982. Reproductive efficiency of creole meat goats permanently kept with males. Relationship to a tropical environment. *Trop. Anim. Prod.* 7: 98-104.
- Cueto, M. 2008. Caracterización reproductiva de las Cabras Criollas Neuquinas. Tesis Doctoral. Centro Regional Universitario Bariloche. Univ. Nacional del Comahue. 284 p.
- Cueto, M., Gibbons, A., Abad, M. 2000. Reproducción en caprinos. Módulo de la materia de Pequeños Rumiantes. Editorial Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. ISBN 987-521-029-3.
- Cueto, M., Gibbons, A., Alberio, R. 2004. Efecto macho en cabras Criollas Neuquinas en la estación reproductiva. 27° Congr. Arg. Prod. Anim. Tandil, Buenos Aires. 20-22 Octubre. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 24. Sup. 1.
- Cueto, M., Gibbons, A., Alberio, R., Taddeo, H., González-Bulnes, A. 2006. Timing of emergence of ovulatory follicles in polyovulatory goats. *Anim. Reprod. Sci.* 91: 275-284. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378432005001107>
- Cueto, M., Gibbons, A., Lanari, M., Taddeo, H., Alberio, R. 2008. Variación estacional de los estros y las ovulaciones en Cabras Criollas Neuquinas de Patagonia Argentina. Nota breve. *Archivos de Zootecnia* 57: 541-544. URL: <https://www.redalyc.org/pdf/495/49515034016.pdf>
- Davila, F., Muñoz, G. 2020. Reproduction in Small Ruminants. *Animal Reproduction in Veterinary Medicine* – intechopen. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.93481>
- De la Vega, A., Morales, P., Zimerman, M., Wilde, O. 2006. Variación anual de la circunferencia escrotal en caprinos criollos serranos. *Archivos de Zootecnia* 55: 113-116. URL: <https://www.redalyc.org/pdf/495/49520915.pdf>
- Delgadillo, J., Canedo, G., Chemineau, P., Guillaume, D., Malpoux, B. 1999. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male creole goats in subtropical northern Mexico. *Theriogenology* 52: 727-737. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0093691X99001661>
- Delgadillo, J., Carrillo, E., Moran, J., Duarte, G., Chemineau, P., Malpoux, B. 2001. Induction of sexual activity of male creole goats in subtropical northern Mexico using long days and melatonin. *J. Anim. Sci.* 79: 2245-2252. URL: <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/79/9/2245/4645228>
- Delgadillo, J., Fitz-Rodríguez, G., Duarte, G., Véliz, F., Carrillo, E., Flores, J., Vielma, J., Hernandez, H., Malpoux, B. 2004. Management of photoperiod to control caprine reproduction in the subtropics. *Reprod. Fert. Dev.* 16: 471-478. URL: <https://www.publish.csiro.au/RD/RD04030>
- Delgadillo, J., Hernández, H., Abecia, J., Keller, M., Chemineau, P. 2020. Is it time to reconsider the relative weight of sociosexual relationships compared with photoperiod in the control of reproduction of small ruminant females? (Review) *Domestic Animal Endocrinology* Vol. 73, October 2020, 106468. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0739724020300357>
- Dowing, J.M. 1980. Studies on the effects of date of birth and plane of nutrition on attainment of puberty and reproductive performance in Clun Forest ewe lambs. PhD Thesis. University of Wales.
- Driancourt, M., Gauld, I., Terqui, M., Webb, R. 1986. Variations in patterns of follicular development in prolific breeds of sheep. *J. Reprod. Fert.* 78: 565-575. URL: [https://rep.bioscientifica.com/view/journals/rep/78/2/jrf\\_78\\_2\\_028.xml](https://rep.bioscientifica.com/view/journals/rep/78/2/jrf_78_2_028.xml)
- Dyrmundsson, O. 1973. Puberty and early reproductive performance in sheep. *Ewe lambs. Anim. Breed.* 41: 273. Abstr. URL: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=orton.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=004356>
- Dyrmundsson, O., Less, J. 1972. Attainment of puberty and reproductive performance in Clun Forest ewe lambs. *J. Agric. Sci.* 78: 39. URL: <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-agricultural-science/article/attainment-of->



- puberty-and-reproductive-performance-in-clun-forest-ewe-lambs/C9ACD084ECCE35A1AF811AB7D32287B7
- Espinoza-Flores, L., Andrade-Esparza, J., Hernandez, H., Zarazaga, L., Abecia, J., Chemineau, P., Keller, M., Delgadillo, J. 2019. Male effect using photostimulated bucks and nutritional supplementation advance puberty in goats under semi-extensive management. *Theriogenology* 143: 82-87. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0093691X19305485>
- Farsi, H., Mhani, M., Achaaban, M., Boukhliq, R., Tibary, A., El Allali, K. 2018. Environmental cues and seasonal patterns of reproduction in goats. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vt.6*: 158-167. URL: <https://www.agrimaroc.org/index.php/Actes-IAVH2/article/view/652>
- Fernández Abella, D. 1993. Principios de fisiología reproductiva ovina. *Agropecuaria Hemisferio Sur*, Universidad de la República, Uruguay. 247 p. URL: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=FVL.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=004382>
- Fernandez, J., Jockers, E., Bruno-Galarraga, M., Medina, V., Villagra, S., Cueto, M., Gibbons A. 2018. Efecto de la nutrición materna sobre la pubertad de sus crías en cabras criollas neuquinas. 41º Congr. Arg. Prod. Anim. Mar del Plata, Buenos Aires. 16-19 Octubre. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 38. Sup. 1. URL: <http://170.210.81.141:8080/handle/123456789/15381>
- Gibbons, A., Cueto, M. 2008. Determinación de la capacidad productiva durante la pubertad en hembras caprinas Criollas del Neuquén. *Com. Técnica N° 525, Serie Prod. Anim. INTA-EEA-Bariloche*. URL: [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_caprina/produccion\\_caprina/05-pubertad.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_caprina/produccion_caprina/05-pubertad.pdf)
- Gibbons, A., Cueto, M., Lanari, M., Domingo, E. 2009. Actividad sexual en cabritos Criollo Neuquinos de la Patagonia Argentina. Nota breve. *Archivos de Zootecnia* 58: 129-132. URL: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-05922009000100016](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-05922009000100016)
- Gibbons, A., Willems, P., González, R., Cueto, M., García Vinent, J. 1994. Actividad sexual de la cabra de raza Angora por efecto macho temporario o permanente. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 14: 209-214.
- Ginther, O., Kot, K. 1994. Follicular dynamics during the ovulatory season in goats. *Theriogenology* 42: 987-1001. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0093691X9490121X>
- González Bulnes, A., Díaz-Delfa, C., García-García, R., Urrutia, B., Carrizosa, J., Lopez-Sebastian, A. 2005. Origin and fate of preovulatory follicles after induced luteolysis at different stages of the luteal phase of the oestrous cycle in goats. *Anim. Reprod. Sci.* 86: 237-245. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037843200400199X>
- Goodman, A., Hodge, G. 1983. The ovarian trial of the primate menstrual cycle. *Recent. Prop. Horm. Res.* 39: 1-73. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780125711395500057>
- Greyling, J.P.C. 1988. Reproductive physiology in the Boer goat doe. Ph.D. Thesis, University of Stellenbosch, South Africa. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921448899001613>
- Grimaldo-Viesca, E., Duarte-Moreno, G., Hernandez-Hernandez, H., Flores-Cabrera, J., Delgadillo-Sanchez, J., Vielma-Sifuentes, J. 2020. La presencia de cabras en estro mejora la actividad sexual en los machos en reposo sexual estacional. *Agrociencia* 54: 31-42. ISSN 04-2021-031913431800-203. URL: <https://www.agrociencia-colpos.mx/index.php/agrociencia/article/view/1890>
- Hafez, E.S.E. 1996. Reproducción e Inseminación Artificial en Animales. Sexta edición. Interamericana-Mc Graw-Hill. 542 p.
- Hammoudi, S., Ait-Amrane, A., Belhamiti, T., Khiati, B., Niar, A., Guetarni, D. 2010. Seasonal variations of sexual activity of local bucks in western Algeria. *Afr. J. Biotechnol.* 9: 362-368. URL: <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/77919>
- Karagiannidis, A., Varsakeli, S., Karatzas, G. 2000. Characteristics and seasonal variations in the semen of Alpine, Saanen and Damascus goat bucks born and raised in Greece. *Theriogenology* 53: 1285-1293. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0093691X00002727>
- Lanari, M.R. 2004. Variación y diferenciación genética y fenotípica de la Cabra Criolla Neuquina en relación con su sistema rural campesino. Tesis doctoral. Centro Regional Universitario Bariloche. Univ. Nacional del Comahue. 234 p. URL: <http://rdi.uncoma.edu.ar:8080/handle/123456789/187>
- Mueller, J., Taddeo, H. 1993. Estudios sobre criterios de selección y sistemas de apareamiento para caprinos de Angora. *Com. Técnica N° 236, Serie Prod. Anim. INTA-EEA-Bariloche*.

- Nishimura, S., Okano, K., Yasukouchi, K., Gotoh, T., Tabata, S., Iwamoto, H. 2000. Testis developments and puberty in the male Tokara (Japanese native) goat. *Anim. Reprod. Sci.* 64: 127-131. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378432000001974>
- Ortavant, R. 1977. Photoperiodic regulation of reproduction in the sheep. In: *Management of Reproduction in Sheep and Goats Symposium*, Madison. pp. 58-71. URL: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US19790361541>
- Ortavant, R., Bocquier, F., Pelletier, J., Ravault, J., Thimonier, J., Volland-Nail, P. 1988. Seasonality of reproduction in sheep and its control by photoperiod. *Aust. J. Biol. Sci.* 41: 69-85. URL: <https://www.publish.csiro.au/BI/BI9880069>
- Ortavant, R., Pelletier, J., Ravault, J.P., Thimonier, J., Volland-Nail, P. 1985. Photoperiod: main proximal and distal factor of the circannual cycle of reproduction in farm animals. In: *Oxford Reviews of Reproductive Biology*. Clarendon Press. Oxford. Vol. 7: 305-345. URL: <https://www.publish.csiro.au/BI/BI9880069>
- Pérez Centeno, M., Lanari, M.R., Domingo, E., López Raggi, F., Zimerman, M. 2007. Chivito Criollo del Norte Neuquino, Chos Malal, Patagonia, Argentina, Consultoría FAO-IICA, Productos de calidad vinculada al origen. Santiago de Chile, Dic. 2007.
- Restall, B. 1992a. Seasonal variation in reproductive activity in Australian goats. *Anim. Reprod. Sci.* 27: 305-318. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378432092901454>
- Rivera, G., Alanis, G., Chaves, M., Ferrero, S., Morello, H. 2003. Seasonality of estrus and ovulation in Creole goats of Argentina. *Small Rumin. Res.* 48: 109-117. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092144889400016Z>
- Roca, J., Martinez, E., Vazquez, J., Coy, P. 1992. Characteristics and seasonal variations in the semen of Murciano-Granadina goats in the Mediterranean area. *Anim. Reprod. Sci.* 29: 255-262. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037843209290038F>
- Rubianes, E., Menchaca, A. 2003. The pattern and manipulation of ovarian follicular growth in goats. *Anim. Reprod. Sci.* 78: 271-287. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378432003000952>
- Silvestre, P., Naim, P., Cueto, M., Gibbons, A. 2012. Estacionalidad reproductiva en machos caprinos Criollo-neuquinos de la Patagonia Argentina. *Archivos de Zootecnia* 61: 119-128. URL: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S00045922012000100013&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S00045922012000100013&script=sci_arttext&tlng=en)
- Soriano, A. 1954. Los distritos florísticos de la provincia patagónica. *Revista de Investigación Agrícola* 10: 323-367.
- Souza, C., González Bulnes, A., Campbell, B., McNeilly, A., Baird, D. 2004. Mechanisms of action of the principal prolific genes and their application to sheep production. *Reprod. Fert. Dev.* 16: 395-401. URL: <https://www.publish.csiro.au/rd/RD04038>
- Todini, L., Malfatti, A., Terzano, G., Borghese, A., Pizzillo, M., Debenedetti, A. 2007. Seasonality of plasma testosterone in males of four Mediterranean goat breeds and in three different climatic conditions. *Theriogenology* 67: 627-631. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0093691X0600522X>
- Torretta, M., Alanís, G., Rabaglino, M., Castelo, L., García, F., Morcos, F. 2017. Caracterización del comportamiento reproductivo de machos cabríos mestizos Criollo x Anglo Nubian, en la región sur de Córdoba, Argentina. II. Madurez sexual. *REDVET* Vol. 18 N° 10. 13 p. URL: <https://www.redalyc.org/pdf/636/63653470027.pdf>
- Usman Mir Khan, Ali Murad Khan, Umar Murad Khan, Zeliha Selamoğlu 2019. Effects of Seasonal Factors in The Goats' Reproductive Efficiency. *Turkish Journal of Agriculture – Food. Science and Technology* 7: 1937-1940. URL: <http://www.agrifoodscience.org/index.php/TURJAF/article/view/2899>
- Valasi, I., Chadio, S., Fthenakis, G., Amiridis, G. 2012. Management of pre-pubertal small ruminants: Physiological basis and clinical approach. *Animal Reproduction Science*, 130: 126-134. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378432012000310>
- Walkden-Brown, S., Restall, B., Henniawati. 1993. The male effect in the Australian Cashmere goat. 1. Ovarian and behavioural response of seasonally anovulatory does following the introduction of bucks. *Anim. Reprod. Sci.* 32: 41-53. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037843209390056W>
- Zarazaga, L., Guzmán, J., Domínguez, C., Pérez, M., Prieto, R. 2009. Effects of season and feeding level on reproductive activity and semen quality in Payoya buck goats. *Theriogenology* 71: 1316-1325. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0093691X09000259>
- Zimerman, M., Domingo, E., Lanari, M.R. 2007. Carcass characteristics of "Neuquen Criollo kids" in Patagonia, Argentina. *Meat Science* 79: 453-457. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030917400700407X>