



*El fotoperiodo artificial y la melatonina como mecanismo de acción en la actividad sexual caprina: revisión bibliográfica*

*Artificial photoperiod and melatonin as a mechanism of action in caprine sexual activity: literature review*

*Fotoperíodo artificial e melatonina como mecanismo de ação na atividade sexual caprina: revisão de literatura*

Rosa Estefanía Guamán-Delgado <sup>I</sup>  
[rhosaguamandelgado@gmail.com](mailto:rhosaguamandelgado@gmail.com)  
<https://orcid.org/0009-0005-8008-624X>

Luz Clara Caisaguano-Salau <sup>II</sup>  
[luzcaisaguano13@gmail.com](mailto:luzcaisaguano13@gmail.com)  
<https://orcid.org/0009-0001-2486-3973>

**Correspondencia:** [rhosaguamandelgado@gmail.com](mailto:rhosaguamandelgado@gmail.com)

Ciencias Técnicas y Aplicadas  
Artículo de Investigación

\* **Recibido:** 24 de mayo de 2024 \* **Aceptado:** 13 de junio de 2024 \* **Publicado:** 22 de julio de 2024

- I. Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur, Km 1 ½, Riobamba; Investigadora Independiente, Ecuador.
- II. Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur, Km 1 ½, Riobamba; Investigadora Independiente, Ecuador.

## Resumen

La estacionalidad reproductiva es un mecanismo de adaptación desarrollado por varias especies siendo una de ellas los caprinos, que se ven influenciadas por el fotoperiodo que controla su actividad reproductiva y es interpretado por el animal por la variación en la secreción de melatonina. En este contexto se analiza la información bibliográfica disponible en varias bases de datos académicas y científicas, al igual que en artículos históricos recopilados y seleccionados de acuerdo a los criterios de mayor interés, referente al comportamiento reproductivo estacional de las cabras y la influencia del fotoperiodo artificial y melatonina exógena como mecanismo de acción en la actividad sexual de las cabras. Como resultado, se determina que los tratamientos fotoperiódicos, se basan en la manipulación entre los días largos y cortos. En donde los animales son sometidos a días largos, para que estén preparados para responder al efecto estimulador de los días cortos. Estos tratamientos fotoperiódicos inducen actividad reproductiva tanto en machos como en hembras, al igual que los tratamientos hormonales como los implantes de melatonina, provocando que el animal interprete que se encuentra en días cortos y por tanto estimula su actividad reproductiva. El protocolo recomendado es la colocación del implante tanto en las hembras como en los machos entorno al equinoccio de primavera, previa separación de ambos sexos durante al menos 45 días.

**Palabras clave:** Fotoperiodo; Melatonina; Exógena; Estacionalidad; Caprinos.

## Abstract

Reproductive seasonality is an adaptation mechanism developed by several species, one of them being goats, which are influenced by the photoperiod that controls their reproductive activity and is interpreted by the animal by the variation in melatonin secretion. In this context, the bibliographic information available in various academic and scientific databases is analyzed, as well as in historical articles compiled and selected according to the criteria of greatest interest, referring to the seasonal reproductive behavior of goats and the influence of the artificial photoperiod. and exogenous melatonin as a mechanism of action in the sexual activity of goats. As a result, it is determined that photoperiodic treatments are based on the manipulation between long and short days. Where animals are subjected to long days, so that they are prepared to respond to the stimulatory effect of short days. These photoperiodic treatments induce reproductive activity

in both males and females, as do hormonal treatments such as melatonin implants, causing the animal to interpret that it is experiencing short days and therefore stimulates its reproductive activity. The recommended protocol is to place the implant in both females and males around the spring equinox, after separating both sexes for at least 45 days.

**Keywords:** Photoperiod; Melatonin; Exogenous; Seasonality; Goats.

## Resumo

A sazonalidade reprodutiva é um mecanismo de adaptação desenvolvido por várias espécies, sendo uma delas as cabras, que são influenciadas pelo fotoperíodo que controla a sua atividade reprodutiva e é interpretado pelo animal pela variação da secreção de melatonina. Neste contexto, é analisada a informação bibliográfica disponível em diversas bases de dados académicas e científicas, bem como em artigos históricos compilados e selecionados segundo os critérios de maior interesse, referentes ao comportamento reprodutivo sazonal dos caprinos e à influência do fotoperíodo artificial e melatonina exógena. como mecanismo de ação na atividade sexual das cabras. Como resultado, determina-se que os tratamentos fotoperiódicos se baseiam na manipulação entre dias longos e curtos. Onde os animais são sujeitos a dias longos, para que estejam preparados para responder ao efeito estimulador dos dias curtos. Estes tratamentos fotoperiódicos induzem a atividade reprodutiva tanto nos machos como nas fêmeas, assim como os tratamentos hormonais como os implantes de melatonina, fazendo com que o animal interprete que está a passar por dias curtos e, por isso, estimula a sua atividade reprodutiva. O protocolo recomendado é colocar o implante tanto em mulheres como em homens por volta do equinócio da primavera, após separação de ambos os sexos durante pelo menos 45 dias.

**Palavras-chave:** Fotoperíodo; Melatonina; Exógeno; Sazonalidade; Cabras.

## Introducción

Los caprinos tienen una gran capacidad de adaptación al medio ambiente, debido a que se encuentran en diferentes zonas geográficas, que van desde zonas húmedas hasta zonas muy secas o desérticas, los caprinos han desarrollado diferentes estrategias reproductivas para asegurar la sobrevivencia de sus crías. (Delgadillo et al.,2012)

El ambiente es un factor que influye sobre el potencial genético de los individuos determinando el período reproductivo y la intensidad del mismo (Chemineau, 1992) cabe recalcar que la

domesticación ha provocado que la estacionalidad reproductiva en algunas especies animales haya desaparecido, para lo cual uno de los métodos de manejo que se puede utilizar para combatir la estacionalidad reproductiva en cabras es el control de las horas luz denominada fotoperiodo. (Shelton, 1978)

El fotoperíodo, vía la retina de los ojos y la glándula pineal produce la hormona que lleva por nombre melatonina durante la noche, misma que sincroniza un ritmo endógeno circanual y permite la coincidencia de la actividad sexual (Chemineau, 2014). Por lo que el interés de los tratamientos fotoperiódicos y de la administración de melatonina para el control de la estacionalidad se ha incrementado tras la identificación de esta hormona como el mensajero entre la información fotoperiódica y la reproducción, tanto en ovino como en caprino. (Arendt, Laund, & Symons, 1983) Los animales con reproducción estacional, como los ovinos y los caprinos, alternan períodos de actividad e inactividad ovárica (anestro) durante el año (Erario et al.,2004). Según (Duarte et al.,2010) mencionan que el inicio y la duración del período anual de reproducción depende principalmente de factores ambientales como son la latitud y clima, disponibilidad de alimentos, la raza y el sistema de producción, pero fundamentalmente el fotoperiodo pues es importante decir que este es el principal factor medioambiental que permite, a determinadas especies estacionales, identificar e incluso definir con algunos meses de antelación el momento más favorable para los nacimientos desde el punto de vista del clima y disponibilidad a lo largo del año. (Malpaux et al.,1999)

En cada especie, existen diferencias muy importantes entre razas en su respuesta sexual al fotoperiodo, observándose una gran variabilidad en cuanto a la duración y las fechas de inicio y finalización de la actividad reproductiva tanto para hembras. Aunque la estacionalidad es menos marcada en el macho que en la hembra, los machos exhiben una reducción estacional pronunciada en el comportamiento sexual y la espermatogénesis aproximadamente en la misma época del año que cuando las hembras están en reposo sexual, pero con 1-2 meses de anticipación. en fase. (Delgadillo & Chemineau, 1992)

De este modo, se pueden aplicar estrategias para manipular la actividad reproductiva modificando el fotoperiodo. Diferentes tratamientos luminosos pueden producir cambios tanto en machos como en hembras, sin embargo, se ha demostrado que un mismo tratamiento fotoperiódico puede tener efectos positivos o negativos según la experiencia fotoperiódica previa. (Hafez, 1952)

## **Metodología**

El estudio abordó un enfoque descriptivo para la elaboración del presente artículo de revisión, en una primera fase, se definió el tema de investigación, para esto se indagó en diferentes fuentes de información relacionados al fotoperiodo en la actividad sexual de caprinos, llegando a definir como tema “El fotoperiodo artificial y la melatonina como mecanismo de acción en la actividad sexual caprina”.

En la segunda fase, se recopiló información de 250 artículos científicos, mismos que fueron analizados y mediante criterios de selectividad y lectura, permitiendo identificar los hallazgos más significativos de cada estudio, de los cuales 66 artículos han sido seleccionados como los de mayor interés para la elaboración del presente artículo.

## **Resultado y discusión**

### **Fotoperiodo artificial y su mecanismo de acción**

Se afirma que manipulando adecuadamente el factor medioambiental (fotoperiodo) podemos controlar la actividad reproductiva (Gatica et al.,2012) ya que se ha demostrado en numerosos experimentos que implicaban una manipulación de ciclos de luz y oscuridad. (Gallego, 2016)

De este modo, en el ganado caprino, los días cortos son estimulantes de la actividad reproductiva y los días largos son inhibidores de la misma, aunque los mecanismos por los que el fotoperiodo controla la actividad reproductiva son más complejos que este simple hecho. (Gatica et al.,2012). Así pues (Delgadillo et al.,1995) dice que, desde el punto de vista práctico, los tratamientos lumínicos aumentan el recuento de espermatogonias, mientras que se mantienen las divisiones espermatogénicas en una elevada tasa, equivalente a lo que ocurre en la estación sexual natural. La actividad ovárica se presenta durante los días de menor cantidad de horas luz, lo cual ocurre en el verano e invierno; y el resto del año estas hembras permanecen en anestro. (Goodman, 1994) La cabra, al igual que la mayoría de especies estacionales, manifiesta un ritmo endógeno de reproducción (Malpoux et al.,1989), el cual se manifiesta gracias a un mecanismo de fotorrefractoriedad que consiste en que, en muchas de las especies estacionales, una prolongada exposición a fotoperiodo constante, de días largos o cortos, causa una reversión espontánea a la condición fisiológica previa (Lincoln et al.,2005). Por tanto, las variaciones de duración del día a lo largo del año, el fotoperiodo, y sus efectos en la fisiología reproductiva son responsables de la

aparición del anestro en la hembra y de la reducción de la actividad sexual en el macho. (Chemineau P. , 2014)

En definitiva, la reproducción no puede ser estimulada por los días cortos o inhibida por los días largos en cualquier momento del año, ya que la respuesta al fotoperiodo es dependiente del fotoperiodo previo al que los animales han estado expuestos, (Gallego, 2016) el carácter invariable de los cambios fotoperiódicos a lo largo de los años, junto a la diferencia de intensidad y duración del anestro en función de la latitud, demuestran el importante papel en las variaciones de las horas de luz en la regulación de la actividad reproductiva. (Rivera et al.,2003)

En el caso de las cabras, (Chemineau et al.,1988) indican que el inicio de la actividad ovulatoria se produce tras 74-85 días después del paso de días largos a cortos, indicando que los caprinos responden un poco después que los ovinos a los tratamientos fotoperiódicos.

Así, en condiciones experimentales en las que se manipula la duración del día, los días cortos (8 o 10 horas de luz/día) estimulan la ovulación y la secreción de testosterona, mientras que los días largos (14 o 16 horas de luz/día) disminuyen la secreción de testosterona e inhiben la ovulación. El fotoperiodo controla la secreción de melatonina, una hormona secretada por la glándula pineal, sólo durante la fase de oscuridad (poca luz), por lo que la duración de la secreción de melatonina es mayor en los días cortos que en los días largos. El perfil secretor de melatonina durante los días cortos estimula la secreción de kisspeptina, que a su vez estimula la secreción de GnRH y la secreción de gonadotropinas (LH y FSH). Estas hormonas estimulan la actividad de las gónadas en machos y hembras. (Galina, 2021)

### **Utilización de los tratamientos fotoperiódicos artificiales**

Los **tratamientos fotoperiódicos** han demostrado ser exitosos ya que aumentan la actividad sexual de las cabras, así como en machos cabríos criollos expuestos a ciclos fotoperiódicos alternando luz-oscuridad (16 h L:8 h D) (Rincón et al.,2011). Estos tratamientos fotoperiódicos han sido experimentados para tratar de inducir la actividad sexual durante la contra- estación sexual de razas estacionales originarias de las latitudes medias y altas. A continuación, se mencionará cuáles son los tres principales objetivos de estos tratamientos:

- Avanzar la estación sexual anual de la hembra.
- Inducir y mantener en contra- estación una actividad cíclica en la hembra.
- Abolir totalmente las variaciones estacionales en el macho. (Chemineau et al.,1993)

Inclusive la aplicación de fotoperiodo artificial no tiene por qué ser una práctica exclusiva de edificios cerrados. En alojamientos abiertos, se puede seguir el mismo principio que en alojamientos cerrados.

Los tratamientos con fotoperiodos artificiales se basan en la alternancia de días largos y cortos. Los animales primero se someten a días largos durante 2,5 a 3 meses para prepararlos para responder a los efectos estimuladores de días cortos posteriores. En condiciones de campo, los días largos pueden lograrse fácilmente mediante iluminación adicional, ya sea en el interior o en el exterior, y los efectos de los días cortos pueden inducirse con implantes de melatonina o días cortos naturales. (Zarazaga et al., 2011)

Por ello, para que el **fotoperiodo artificial** pueda ser utilizado en la práctica y no depender de grandes instalaciones, lo más sencillo, a nivel de explotación, es la aplicación de días largos durante el periodo del año en el que los días naturales son cortos para que cuando estos días largos artificiales finalicen los días naturales, que percibirán a continuación los animales, sean lo suficientemente cortos como para que estimulen la actividad reproductiva. (Gatica et al., 2012)

En general, la utilización exclusiva del fotoperiodo artificial para inducir actividad sexual requiere de empleo de métodos adicionales basados generalmente en la manipulación de la estructura social del grupo, como sería la utilización del efecto macho. (Ungefald et al., 2004) Uno de los métodos para la aplicación del fotoperiodo artificial es la de Wilkinson y Stark (1987), con media de 98 luces, medidos en la noche con lucímetro, hallaron 92,5 p.100 de fertilidad en cabras mestizas nulíparas con presentación del estro 8 semanas después del fin del tratamiento. (Moneal et al., 2002)

### **Actividad reproductiva en los machos cabríos**

En los machos cabríos, la actividad sexual puede ser estimulada durante la estación no reproductiva con el uso de días largos artificiales seguidos de fotoperiodo natural, de implantes de melatonina exógena o de días largos artificiales seguidos de melatonina exógena. (Delgadillo et al., 2004)

Además, se ha propuesto el uso de tratamientos de fotoperiodo artificial como medio para optimizar la producción de semen para inseminación artificial (IA). (Arrebola & Abecia, 2017). Los cambios artificiales en el fotoperiodo permiten la producción de dosis de IA durante todo el año en condiciones de campo a gran escala. (Leboeuf et al., 2004)

En estos centros de inseminación artificial, una alternancia de un mes de días largos y un mes de días cortos se muestra muy eficaz (Pelletier & Almeida, 1987) permitiendo mantener una producción de semen constante y de alta calidad a lo largo del año y produciendo un 70% más de dosis seminales que aquellos machos mantenidos en fotoperiodo natural. (Delgadillo et al., 1991) De hecho, cuando se expusieron cabras macho a alternancias entre 2 o 3 meses de días cortos seguidos de 2 o 3 meses de días largos, las concentraciones plasmáticas de testosterona siempre aumentaron durante los días cortos y disminuyeron durante los días largos (Delgadillo & Chemineau, 1992)

### **Hormona Melatonina**

En 1918 Nils Holmgren, anatomista sueco, examinó la región pineal de ranas mediante microscopio de luz y advirtió que la pineal contenía células sensoriales de diferente naturaleza, que asemejaban a los conos de la retina y estaban enlazados a células nerviosas. A partir de entonces se sugirió que, la pineal pudiera funcionar como un órgano fotorreceptor o “tercer ojo” en los vertebrados. (Drost, 2005). La melatonina fue aislada e identificada por primera vez en 1958 por Lerner y su equipo en el tejido de la glándula pineal bovina. La primera función que describieron fue la de aclarar la piel de los renacuajos (de ahí su nombre, “melatonina”, ya que contraía los melanóforos de la piel de los anfibios). (Argüelles & Bonmatí, 2015).

A mediados de los años 60, Hoffman y Reiter observaron que las fluctuaciones en la capacidad reproductiva de los mamíferos en función de la estación del año podrían estar relacionadas con la duración de los niveles elevados de melatonina en sangre (noches más largas en invierno, mayor duración de altas concentraciones de melatonina; noches más cortas en verano, menor duración de elevadas concentraciones de melatonina). (Argüelles & Bonmatí, 2015)

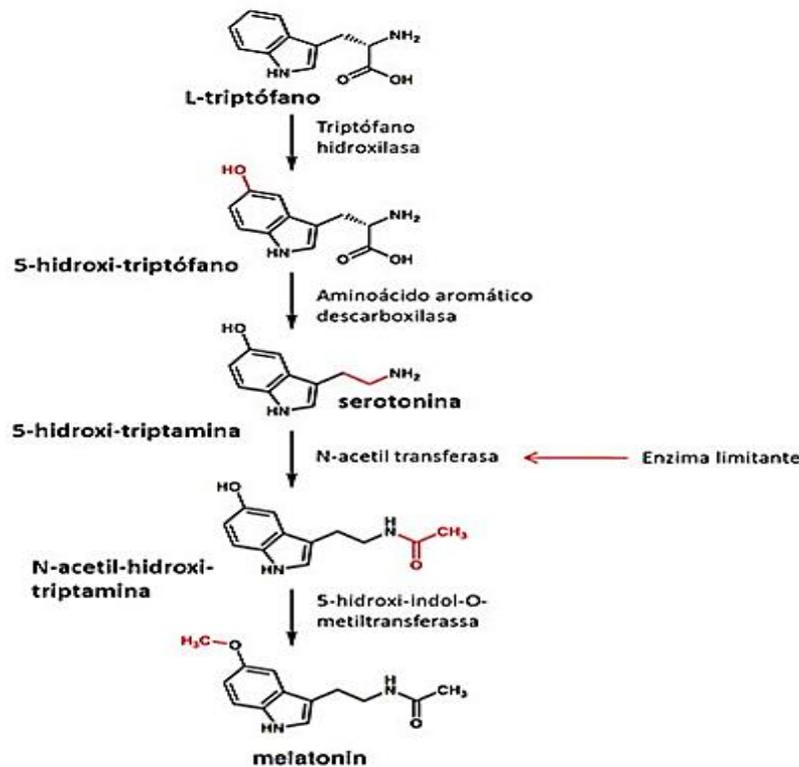
La glándula pineal, también es llamada epífisis, del latín *Epiphysis cerebri*, es nuestro principal órgano de control encargada de producir la hormona denominada Melatonina. (Gallego, 2016). Sin embargo, recientemente esta hormona también se ha identificado en otros tejido y órganos; el hipotálamo además se ha encontrado una sustancia similar a la melatonina con una fluctuación circadiana distinta en el plasma humano (Bebenik et al., 1974), médula ósea (Conti et al., 2000), intestino (Bubenik G. A., 2002), retina, la glándula de Harder, el tracto gastrointestinal, los órganos reproductores, la piel, las plaquetas y varias regiones cerebrales (Jimenez-Jorge, y otros, 2005), testículos (Tijmes et al., 1996). La totalidad de la melatonina sintetizada por los tejidos

extrapineales representa una concentración mayor que la sintetizada por la glándula pineal y su concentración tisular es superior a la concentración plasmática. (Reiter & Tan, 2003)

Por más de 30 años luego de su descubrimiento, la melatonina ha sido evaluada ampliamente en referencia a sus efectos, fundamentalmente sobre el sistema neuroendocrino, en especial el sistema reproductor. (Lerchi, 2002)

## Síntesis y secreción de la melatonina

La información del fotoperiodo se recibe a nivel de la retina y es transmitida, mediante una vía neural de múltiples pasos, hasta la glándula pineal donde el mensaje modula el ritmo de secreción de la melatonina. Su síntesis ocurre a partir del aminoácido dietético L-triptófano (Trp), luego de estas reacciones, la serotonina sufre un proceso de acetilación por la arilalquilamina-Nacetiltransferasa (AANAT) dando lugar a la formación de la N-acetilhidroxitriptamina, metabolito que es O-metilado por la hidroxindol-O-metiltransferasa (HIOMT) produciendo finalmente la N-acetil-5-metoxitriptamina o melatonina. (Sugden, 1989)



*Figura 1. La ruta biosintética de la melatonina. (Argüelles & Bonmatí, 2015)*

La melatonina sintetizada en la glándula pineal actúa como una sustancia endocrina, mientras que la derivada de los tejidos extrapineales funciona no sólo como una sustancia endocrina, sino como una sustancia autocrina, paracrina y luminal. (Bubenik et al., 1999). El metabolismo de esta sustancia es altamente complejo, y dependiendo del sitio de síntesis puede tomar diferentes rutas metabólicas. Es un proceso rápido, con una duración aproximada entre 10 y 60 minutos. (Fourtillan et al., 2000)

La melatonina es una molécula bastante liposoluble debido a su estructura indólica, por lo que atraviesa fácilmente la bicapa de las membranas por difusión. (Reiter J. , 1991) Una vez en la sangre, la melatonina es transportada en parte a la albúmina (70%) y en parte en forma libre (30%), disuelta en el plasma. (Illnerová & Vaněček, 1979).

La notificación de las horas luz se receptada a nivel de la retina es transferida, mediante una vía neural, hasta la glándula pineal donde el mensaje modula el ritmo de secreción de la melatonina. En el caso en el que los animales sean mantenidos bajo condiciones de luz continua, el ritmo de liberación de melatonina desaparece y la secreción pasa a ser errática. (Ebling et al., 1988)

La melatonina, muestran un ritmo circadiano a lo largo del día. Este hecho se debe a que la luz inhibe su síntesis, de forma que se han observado altas concentraciones plasmáticas de la hormona (en torno a 70 pg/ml, en la especie caprina) durante el periodo de oscuridad y bajas concentraciones durante el día. (Zarazaga et al., 2010)

El hecho de que la luz inhiba su secreción hace que su periodo de secreción se ajuste a la duración del día, de forma que días largos (noches cortas) tienen una duración corta de secreción de melatonina y eso inhibe la actividad reproductiva, mientras que los días cortos (noches largas) conllevan más horas de secreción de melatonina y eso es estimulante de la actividad reproductiva. (Gatica et al., 2012)

### **Control de la actividad sexual caprina con tratamientos de melatonina**

Debido a que la cabra es una especie de días cortos, se buscaron alternativas para hacer que los animales interpretasen la existencia de estos días cortos de manera artificial. De este modo, los efectos de los días cortos pueden ser imitados por la administración de melatonina (inyección, ingestión o dispositivos de liberación lenta). (Kennaway et al., 1980)

Las primeras investigaciones para el empleo de la melatonina exógena en el control de la actividad reproductiva fueron realizadas en las ovejas e intentaban determinar la eficacia de la vía de

administración. La administración diaria de la hormona se mostró como un requisito imprescindible para la estimulación de la actividad reproductiva. (Nowak & Rodway, 1985). De la utilización de vías de administración que aseguren una liberación continua de la hormona son requisitos esenciales para conseguir un comienzo precoz de la actividad ovulatoria. (Modegas, 2016)

Según (Chemineau et al.,1988) la inserción de implantes subcutáneos se mostró como la vía más eficaz para su aplicación en caprino ya que garantiza una liberación continua y requiere de muy poca intervención. Los implantes de melatonina, han sido usados ampliamente para adelantar la estación reproductiva de cabras y ovejas durante el anestro. En las cabras, la administrada de melatonina de forma exógena mediante implantes de liberación lenta y continua, acelera el inicio de la estación reproductiva (Chemineau et al.,1992) e induce un periodo reproductivo durante lo que normalmente sería el anestro estacional.

Los implantes inducen altas concentraciones de melatonina durante 24 horas todos los días, sin suprimir la secreción endógena de la hormona pineal durante la noche. Por tanto, los implantes provocan “días cortos artificiales” al prolongar la duración de la señal de melatonina (Malpaux et al.,1997). Los implantes subcutáneos contienen 18 mg de melatonina y permiten mantener unas concentraciones de esta hormona de 100-300 pg/ml durante al menos unas 10 semanas en caprino. (Delgadillo et al.,2001), el empleo de estos dispositivos eleva tanto los niveles basales de melatonina en plasma durante el día, como los de la secreción endógena característica de la noche. (Lincoln & Ebling, 1985)

(Zarazaga et al.,2009) Menciona que el momento óptimo para el tratamiento con implantes de melatonina, en principio la máxima efectividad se logra cuando son colocados en torno al equinoccio de primavera en nuestras latitudes. Con respecto al fracaso del uso melatonina para inducir la actividad sexual en primavera en latitudes altas puede deberse a la existencia de un estado de fotorrefractoriedad a los días cortos que impide al animal responder a este tratamiento. (Chemineau et al.,1998)

(Casao et al., 2010) Indica que en caso de la utilización de implantes de melatonina en los machos se ha observado que cuando se usa en carneros pueden mejorar la tasa de fertilidad, ya sea por el incremento de la motilidad progresiva espermática desde los días 45 al 90 tras la implantación. (Daramola et al., 2006) Menciona que en caprinos africanos demostraron que el uso de melatonina

aumentaba la manifestación de comportamientos sexuales como el interés por la monta y la erección.

### Fotoperiodo artificial en caprinos

En cuanto al fotoperiodo artificial (Duenhas et al., 2002) en este trabajo experimental utilizó 55 cabras mestizas, adultas, nulíparas, primíparas y multíparas, aptas para la reproducción.: T1- fotoperíodo artificial (26 animales) -distante 250 metros de los otros, T2- control (29 animales), y 5 machos. Se empleó el método de Wilkinson y Stark (1987), comprendiendo la suplementación del fotoperiodo artificial, durante 60 días (junio a agosto), media de 98 luces, con 11 lámparas fluorescentes de 40 W en el corral, distanciadas entre sí 1,80 metros, con pie derecho del corral de 1,85 m. Durante los 60 días de fotoperiodo artificial, las luces permanecían encendidas de 4 a 7 h. y 17 a 24 h., quedando el tiempo restante en fotoperiodo natural. Se obtuvo que todas las cabras que recibieron el fotoperiodo artificial- T1 (26), presentaron estro 8 semanas después del fin del tratamiento, con duración media de doce horas.

El tiempo de duración del fotoperiodo natural + artificial de la técnica de Wilkinson y Stark (1987) es de 60 días, mientras que Rodríguez (1992) concluye en su trabajo que el período de 30 días es más indicado, a pesar de obtener mejores resultados para prolificidad (2,3), en el tratamiento de 60 días.

**Tabla 1.** Resultados de la inducción y sincronización, fertilidad, prolificidad y número de cabritas de los tratamientos empleados en relación al control, Campo Grande, MS, Brasil, 1997. (Goats synchronized with artificial photoperiod below latitude 20°28'S).

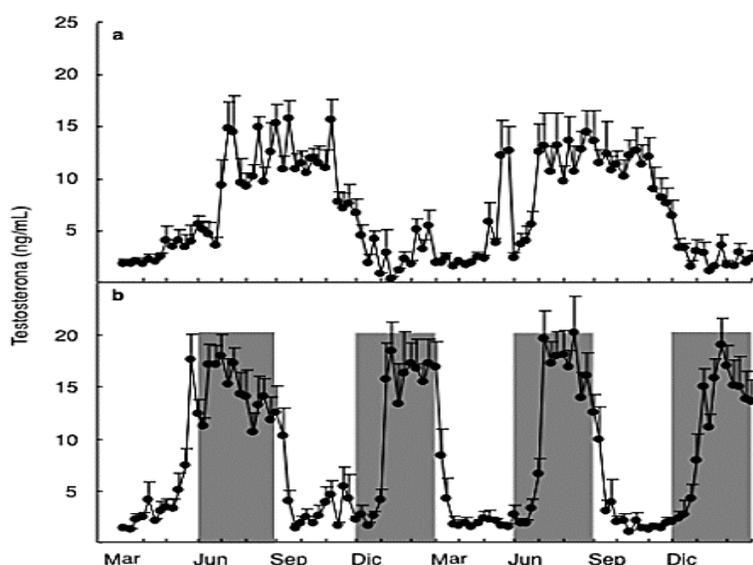
	Total animales	Monta	Fertilidad	Cabritas	Machos	Hembras	Prolificidad
<b>Fotoperiodo</b>	26	26	18	29	12	12	1,6
<b>Control</b>	29	01	0	0	0	0	0

*Fuente:* (Duenhas et al., 2002)

Por otra parte (Delgadillo et al.,2012) para saber si el fotoperiodo era el factor responsable de la actividad sexual anual de los machos cabríos de la Comarca Lagunera, la secreción de testosterona se determinó en machos que se sometieron, en una habitación foto periódica, a periodos de tres meses de días largos (14 horas de luz/día) y tres meses de días cortos (10 horas de luz/día) durante

dos años consecutivo. Se obtuvo que, en el grupo experimental, la secreción de testosterona se incrementó invariablemente durante los días cortos y disminuyó durante los días largos, tal y como se reportó en los corderos Soay y en los machos cabríos Alpinos sometidos a tratamientos foto periódicos similares, por tanto, estos resultados sugieren que, en los machos cabríos de la Comarca Lagunera, el fotoperiodo es el factor principal que sincroniza el ciclo anual de reproducción. Mientras que para saber si el fotoperiodo era el factor responsable de la actividad sexual anual de las hembras caprinas de la Comarca Lagunera, la actividad ovárica se determinó en cabras expuestas al mismo tratamiento fotoperiódico utilizado en los machos.

En conjunto, estos resultados demuestran claramente que los caprinos locales del subtrópico mexicano son sensibles al fotoperiodo y sugieren que este factor ambiental es el más importante en la sincronización del ritmo anual de reproducción tanto de los machos cabríos como de las hembras caprinas. (Chemineau et al.,2007)



**Figura 2.** Variaciones de las concentraciones plasmáticas de testosterona (media  $\pm$  SEM) en los machos cabríos de la Comarca Lagunera ubicada en el subtrópico mexicano ( $26^{\circ}$ N). Un grupo de machos cabríos se confinó en un corral abierto provisto de sombra, bajo las variaciones naturales del fotoperiodo y temperatura ambiental (a). Otro grupo de machos se confinó en una cámara fotoperiódica y se sometió a periodos alternos de tres meses de días largos (14 horas de luz/día) y tres meses de días cortos (10 horas de luz/día), durante dos años consecutivos (b). Las áreas grises indican los meses de días cortos. (Delgadillo et al., 2012)

Así pues, en el norte de México se examinaron los efectos de la condición corporal de las cabras y la exposición a machos sexualmente activos después de la exposición al fotoperiodo artificial de

día largo en cabras alpinas francesas maduras y anovulatorias. En junio, las cabras en buena ( $2,3 \pm 0,2$ , escala de 1 a 4;  $n = 10$ ) o mala ( $1,6 \pm 0,3$ ;  $n = 10$ ) condición corporal fueron expuestas durante 15 días a machos sexualmente activos, que habían sido expuestos a un fotoperiodo largo (ciclo de luz-oscuridad de 16:8 h, a partir de diciembre). Un tercer grupo de cabras en buena condición corporal fue expuesto a machos mantenidos bajo el fotoperiodo natural de esta región ( $26^\circ$  N). Todas las cabras en buena condición corporal expuestas a machos tratados con fotoperiodo prolongado exhibieron comportamiento estral, mientras que solo el 50% de las cabras en mala condición corporal mostraron comportamiento estral durante la exposición de 15 días a los machos. (Rivas et al., 2010)

En otra investigación que se realizó n grupo de cabras se mantuvo bajo un fotoperiodo natural desde el parto hasta los 158 días de lactancia. El otro grupo fue sometido a un fotoperiodo artificial de día largo (16 h luz:8 h oscuridad; grupo tratado:  $n = 16$ ) desde el día 10 al 158 de lactancia. para las cabras lactantes subtropicales que parieron en otoño, la exposición continua a un fotoperiodo artificial de día largo induce actividad ovulatoria posparto después de 150 días de exposición. El peso corporal y la condición corporal no se vieron afectados por el tratamiento de fotoperiodo. Este comportamiento es probablemente atribuible a la inducción de un estado refractario del ovario, después de la exposición continua a los días largos artificiales. (Flores et al., 2013)

### **Administración de melatonina en caprinos**

(Zarazaga et al.,2011)En su investigación menciona que en los caprinos mediterráneos, se ha demostrado que el tratamiento con días largos, entre mediados del mes de noviembre y mediados de febrero, y a continuación la colocación de un implante de melatonina en las hembras, sin llevar a cabo efecto macho, es decir, con contacto permanente entre los machos y las hembras, desencadena una elevada actividad ovárica (las concentraciones de progesterona se incrementan), y un elevado porcentaje de salida en celo de las hembras. Las hembras que no habían sido tratadas no respondían al contacto con machos activos sexualmente (habían recibido el mismo tratamiento de días largos y melatonina que las hembras) y también se retrasó ligeramente el inicio de la siguiente época de actividad reproductiva.

(Chemineau et al.,1998) Indica que cuando se trabaja con razas procedentes de latitudes altas ( $>40^\circ$ ), donde el anestro estacional es muy profundo y el tratamiento solo es eficaz para adelantar la estación sexual, se inicia el tratamiento en torno al solsticio de verano, obteniéndose en general

buenos resultados, tanto en adelanto de la estación sexual como en lo que a mejora de tasa de ovulación y prolificidad.

(Zarazaga et al.,2009) Menciona que los machos muestran una importante bajada de su líbido y actividad reproductiva durante el periodo de anestro estacionario, por ello según (Chemineau et al.,1991) los mejores resultados de fertilidad y prolificidad se obtienen cuando ambos sexos han sido tratados con melatonina. En este sentido (Zarazaga et al.,2012) en su investigación trabajando con la raza Murciano-Granadina obtuvo los mayores resultados de productividad se obtenían, primero, cuando ambos sexos eran implantados con melatonina (el implante se les colocó a ambos sexos en el mismo momento, lo que también simplificaba el protocolo de utilización); en segundo lugar, cuando sólo las hembras eran implantadas con melatonina; en tercer lugar, cuando los machos eran implantados, y finalmente, los peores resultados se obtenían cuando ninguno de los dos eran implantados con melatonina.

(Ferraro et al., 2009) Realizo un estudio en donde evaluaba el efecto de la melatonina sobre la fertilidad, fecundidad y prolificidad de cabras Canarias de alto mestizaje en condiciones de trópico seco, los implantes se colocaron vía subcutánea, en la base de la oreja de las cabras, previa separación de los machos, posterior a ello los machos se introdujeron 35-40 días luego de la colocación de los implantes en las hembras.

**Tabla 2.** *Parámetros reproductivos de cabras Canarias de alto mestizaje sometidas a tratamiento con melatonina*

Parámetro	Grupo control			Grupo Tratado			Total
	2006	2007	Total	2006	2007	Total	General
<b>Cabras expuestas a servicio</b>	6	12	18	6	13	19	37
<b>Cabras paridas</b>	6	10	16	6	11	17	33
<b>Cabritos nacidos</b>	12	23	35	10	24	34	69
<b>%Fertilidad</b>	100,00	83,30	88,90	100,00	84,60	89,50	89,20
<b>Fecundidad</b>	2,00	1,90	1,95	1,70	1,80	1,80	1,90
<b>Prolificidad</b>	2,00	2,30	2,20	1,70	2,20	2,00	2,10

*Fuente: (Ferraro et al., 2009)*

Los resultados no revelaron diferencias en las variables de fertilidad, fecundidad y prolificidad entre las cabras del grupo control y tratadas con melatonina bajo el protocolo de uso en este estudio, en condiciones de trópico seco. (Ferraro et al., 2009)

## **Conclusiones**

La manipulación del fotoperiodo se presenta como una herramienta efectiva para controlar la actividad reproductiva en cabras. Los tratamientos fotoperiódicos, que alternan períodos de luz y oscuridad, han demostrado ser eficaces para estimular la actividad sexual, tanto en machos como en hembras, replicando las condiciones naturales que regulan sus ciclos reproductivos.

La melatonina actúa como el principal mediador entre las señales de luz recibidas por la retina y la regulación de la actividad reproductiva. Su secreción, modulada por la duración de la noche, es fundamental para sincronizar los ritmos reproductivos endógenos de los caprinos, haciendo posible la adaptación de su actividad sexual a condiciones medioambientales manipuladas artificialmente. La aplicación de tratamientos de fotoperiodo artificial, como la exposición a días largos seguidos de días cortos, ha demostrado ser eficaz para inducir y mantener la actividad sexual fuera de la estación reproductiva natural. Esto es especialmente útil para las razas de cabras que, de otro modo, seguirían un ciclo reproductivo estacional estricto.

La administración de melatonina mediante implantes subcutáneos ha sido identificada como un método eficiente para adelantar y prolongar la estación reproductiva en cabras. Estos implantes proporcionan una liberación continua de melatonina, imitando los efectos de los días cortos y estimulando así la actividad sexual.

La manipulación del fotoperiodo y la administración de melatonina ofrecen ventajas significativas en la producción caprina, permitiendo la programación de nacimientos y la producción de leche, queso y cabritos durante todo el año. Estas prácticas no solo mejoran la eficiencia reproductiva sino que también optimizan la producción ganadera en general.

El control del fotoperiodo y el uso de melatonina representan avances significativos en la gestión reproductiva de los caprinos, ofreciendo soluciones prácticas para superar la estacionalidad y mejorar la productividad en sistemas ganaderos.

## Referencias

1. Arendt, J., Laund, C., & Symons, M. (1983). Plasma melatonin increases in ewes folling ovariectomy. *Journal of Reproduction and Fertility*, 68 (1), 213 - 218.
2. Argüelles, R., & Bonmatí, M. Á. (2015). Melatonina, la hormona de la noche . *Revista Eubacteria*, 16-21.
3. Arrebola, F., & Abecia, J. (2017). Effects of season and artificial photoperiod on semen and seminal plasma characteristics in bucks of two goat breeds maintained in a semen collection center.10(5). *Veterinary World*, 521-525. Obtenido de Mundo veterinario.
4. Bubenik, G. A. (2002). Gastrointestinal melatonin: localization, function, and clinical relevance. *Digestive diseases and sciences*, 47: 2336–2348.
5. Bubenik, G., Hacker, R., Brown, G., & Bartos, L. (1999). Melatonin concentrations in the luminal fluid, mucosa, and muscularis of the bovine and porcine gastrointestinal tract. *Journal of Pineal Research*, 26(1), 56-63.
6. Bubenik, G., Uhlir, I., Brown, G., & Grotta, L. (1974). Immunohistological localization of N-acetylmelatonin in pineal gland, retina and cerebellum. *Brain Research*, 81 (2), 233-242.
7. Casao, A., Vega, S., Palacin, I., Pérez-Pe, R., Laviña, A., Quintín, P., . . . Muiño-Blanco, T. (2010). Effects of melatonin implants during non-breeding season on sperm motility and reproductive parameters in Rasa Aragonesa rams. *Reproduction in Domestic Animals*, 45; 425-432.
8. Chemineau, P. (1992). Medio ambiente y reproducción animal. *Rev Mundial Zootecn*, FAO, 77:, 2-14.
9. Chemineau, P. (2014). El fotoperíodo y su aplicación al control de la reproducción en ovinos y caprinos. *InVet* (16) N° 2, 109 - 200.
10. Chemineau, P., Malpau, B., & Delgadillo, J. (1998). Photopériodisme et reproduction chez les caprins. Coloquio "Reproduction caprine: nouveaux contextes, derniers acquis", Niort 30 abril, *Chambre d'Agriculture des Deux Sèvres*, 21, 21.
11. Chemineau, P., Malpau, B., Brillard, J., & Fostier, A. (2007). Seasonality of reproduction and production.1. *Animal*, 419-432.

12. Chemineau, P., Malpoux, B., Delgadillo, J., Guérin, Y., Ravault, J., Thimonier, J., & Pelletier, J. (1992). Control of sheep and goat reproduction: use of light and melatonin. *Animal Reproduction Science*, 30, 157-184.
13. Chemineau, P., Martín, G., Saumande, J., & Normant, E. (1988). Control estacional y hormonal de la secreción pulsátil de LH en la cabra lechera (*Capra hircus*). *Reproduction*, 83; 91-98.
14. Chemineau, P., Pelletier, J., Guerin, Y., Colas, G., Ravault, G., Toure, G., . . . R.Ortavant. (1988). Photoperiodic and melatonin treatments for the control of seasonal reproduction in sheep and goats. *Reprod Nut Dev*, 409–422.
15. Chemineau, P., Vandaele, E., Brice, G., & Jardon, C. (1991). Utilisation des implants de mélatonine pour l'amélioration des performances de reproduction chez la brebis. *Médecine Vétérinaire*, 167: , 227-239.
16. Conti, A., Conconi, S., Hertens, E., Skworo-Soñta, K., Markowska, M., & Maestroni, G. (2000). Evidence for melatonin synthesis in mouse and human bone marrow cells. *Journal of pineal research*, 28 (4), 193-202.
17. Daramola, J., Adeloye, A., & Soladoye, A. (2006). Effect of exogenous melatonin on sexual behaviours in West African Dwarf goat. *Livestock Research for Rural Development*, 18: 133.
18. Delgadillo, J., & Chemineau. (1992). Abolition of the seasonal release of luteinizing hormone and testosterone in Alpine male goats (*Capra hircus*) by short photoperiodic cycles. 94(1). *Reproduction*, 45-55. doi:<https://doi.org/10.1530/jrf.0.0940045>
19. Delgadillo, J., Carrillo, E., Morán, 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. *Journal of Animal Science*; 79:, 2245-2252. .
20. Delgadillo, J., Duarte, G., Flores, J., Vielma, J., Hernández, H., Fitz-Rodríguez, G., . . . Keller, M. (2012). CONTROL DE LA ACTIVIDAD SEXUAL DE LOS CAPRINOS SIN HORMONAS EXÓGENAS: USO DEL FOTOPERIODO, EFECTO MACHO Y NUTRICIÓN. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 15(1), 15-27. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/939/93924484002.pdf>

21. Delgadillo, J., Fitz-González, G., Duarte, G., Véliz, F., Carrillo, E., Flores, J., . . . Malpaux, B. (2004). Management of photoperiod to control caprine reproduction in the subtropics. *Reproduction, Fertility and Development*, 16, 471-478.
22. Delgadillo, J., Hochereau, M., Daveau, A., & Chemineau, P. (1995). Effect of short photoperiodic cycles on male genital tract and testicular parameters in male goats (*Capra hircus*). *Reproduction Nutrition Development*, 25, 549-558.
23. Drost, G. T. (2005). PERSPECTIVAS CLINICAS Y EXPERIMENTALES EN EL USO DE LA HORMONA MELATONINA COMO ANTIOXIDANTE CELULAR. Obtenido de Universidad Centroccidental "Lizandro Alvarado".
24. Duarte, G., Nava, H., Malpaux, B., & Delgadillo, J. (2010). Ovulatory activity of female goats adapted to the subtropics is responsive to photoperiod. *Animal Reproduction Science*, 118, 65-70. doi:<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.04.004>
25. Duenhas, A., Toniollo, G., Zorzatto, J., & Bicudo, S. (2002). Cabras sincronizadas usando fotoperíodo artificial en la latitud 20°28'S. *Archivos de Zootecnia*. Obtenido de Archivos de zootecnia: <https://www.redalyc.org/pdf/495/49519605.pdf>
26. Ebling, F., Lincoln, G., Wollnik, F., & Anderson, N. (1988). Effects of constant darkness and constant light on circadian organization and reproductive responses in the ram. *Journal of Biological Rhythms*, 3, 365-384. .
27. Erario, A., Escobar, F., Rincón, F., Colina, F., & Meza, C. (2004). Efecto del fotoperíodo sobre la edad a la pubertad en la cabra. *Revista Chapingo Serie Zonas Aridas*. Obtenido de <https://test.chapingo-cori.mx/revistas/articulos/doc/rchszaIII921.pdf>
28. Ferraro, S., Bravo, M., Pérez, G., & Ballarales, P. (2009). Efecto de Miniimplantes de Melatonina Sobre Algunas Variables Reproductivas en Cabras Canarias de Alto Mestizaje en Condiciones de Trópico. *Gaceta de Ciencias Veterinarias*, 14(1), 20-24.
29. Flores, M., Flores, A., Duarte, G., Vielma, Delgadillo, A., & Hernández, H. (2013). Long-day photoperiod exposure in lactating goats to induce post-partum ovulatory activity. *Reproduction, Fertility and Development*, 25, 52-55.
30. Fourtillan, J., Brisson, A., Gobin, P., Ingrand, I., Decourt, J., & Girault, J. (2000). Bioavailability of melatonin in humans after day-time administration of D7 melatonin. *Biopharmaceutics & Drug Disposition*, 21(1), 15-22.

31. Galina, C. (2021). INFLUENCIA DE LOS FACTORES MEDIOAMBIENTALES EN EL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD SEXUAL ANUAL DE LOS CAPRINOS. México. Obtenido de UNAM: <https://reproduccionanimalesdomesticos.fmvz.unam.mx/index.html>
32. Gallego, M. d. (2016). Caracterización reproductiva de la raza caprina blanca andaluza : papel de la condición corporal, peso vivo y fotoperiodo. Obtenido de Tesis Doctoral, Uniersidad de Huelva.
33. Gatica , M., Celi, I., Guzmán, J., & Zarazaga, L. (2012). Utilización de fotoperiodo e implantes de melatonina para el control de la reproducción en caprinos Mediterráneos. 13(10). REDVET, 1- 15. Obtenido de REDVET: [https://rabida.uhu.es/dspace/bitstream/handle/10272/8341/Utilizacion\\_de\\_fotoperiodo.pdf?sequence=2](https://rabida.uhu.es/dspace/bitstream/handle/10272/8341/Utilizacion_de_fotoperiodo.pdf?sequence=2)
34. Gatica, M., Celi, I., Guzmán, J., & Zarazaga, L. (2012). Utilización de fotoperiodo e implantes de melatonina para el control de la reproducción en caprinos Mediterráneos . REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria,, Volumen 13 N° 10, 1-15.
35. Gómez-Brunet, A., Santiago-Moreno, J., Toledano-Díaz, A., & López-Sebastián, A. (2010). Evidence that refractoriness to long and short daylengths regulates seasonal reproductive transitions in mediterranean goats. *Reproduction in Domestic Animals*, 45:, 338-343.
36. Goodman, R. (1994). Neuroendocrine control of the ovine estrous cycle. . *The Physiology of Reproduction*. Knobil E, Neill JD (Eds.), Raven Press, New York :2 (2), , 659-709.
37. Hafez, E. (1952). Studies on breeding season and reproduction of the ewe. *Journal of Agricultural Science*. 42(3). he *Journal of Agricultural Science*, 189-231.
38. Illnerová, H., & Vančček, J. (1979). Effect of One-minute Exposure to Light at Night on Rat Pineal Serotonin N-acetyltransferase. *Progress in Brain Research*, Volume 52., 241-243.
39. Jimenez-Jorge, S., Jimenez-Caliani, A., Guerrero, J., Naranjo, M., Lardone, P., Carrillo-Vico, A., . . . Molinero, P. (2005). Melatonin synthesis and melatonin-membrane receptor (MT1) expression during rat thymus development: role of the pineal gland. *Journal of pineal research*, 39 (1), 77- 83.

40. Kennaway, D., Hooley, R., & Seamark, S. (1980). Effects of melatonin feeding on serum prolactin content and the onset of oestrous activity in goats. Australian Society for Reproductive Biology, Resumen 12.
41. Leboeuf, B., Furstoss, V., Guillouet, P., & Boué, P. (2004). Production of semen for artificial insemination from Alpine and Saanen bucks under different photoperiodic cycles. 34(5). South African Journal of Animal Science. Obtenido de Revista Sudafricana de Ciencia Animal: [https://www.scielo.org.za/scielo.php?pid=S0375-15892004000500068&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.za/scielo.php?pid=S0375-15892004000500068&script=sci_arttext)
42. Lerchi, A. (2002). The melatonin hypothesis-a survey. . News Letter, 10 (1); 1-7.
43. Lincoln, G., & Ebling, F. (1985). Effect of constant- release implants of melatonin on seasonal cycles in reproduction, prolactin secretion and moulting in rams. J Reprod Fertil; 73, 241-253.
44. Lincoln, G., Johnston, J., Andersson, H., & Wagner, G. (2005). Photorefractoriness in mammals: Dissociating a seasonal timer from the circadian-based photoperiod response. 146(9). Endocrinology, 3782-3790.
45. Malpaux, B., Robinson, J., Wayne, N., & Karsch, F. (1989). Regulation of the onset of the breeding season of the ewe:Importance of long days and of an endogenous reproductive rhythm.122(1). Journal of Endocrinology, 269-278.
46. Malpaux, B., Thiéry, J., & Chemineau, P. (1999). From the eye to the pituitary: pathways controlling seasonal reproduction. Reproduction in Domestic Animals, 34.
47. Malpaux, B., Viguié, C., Skinner, D., Thiery, J., & Chemineau, P. (1997). Control of the circannual rhythm of reproduction by melatonin in the ewe. . Brain Research Bulletin, 44: , 431- 438.
48. Modegas, M. (2016). Sincronización de la ovulación y el ciclo inducido por el efecto "macho" mediante la administración de progesterona por vía intravaginal en cabras en período de anestro estacional. UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID, Facultad de Veterinaria, Tesis Doctoral. Obtenido de UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID, Facultad de Veterinaria, Tesis Doctoral.
49. Monreal, A., Toniollo, G., Zorzatto, J., & Bicudo, S. (2002). Cabras sincronizadas usando fotoperíodo artificial en la latitud 20°28'S. 51(196). Archivos de Zootecnia, 449-452.

50. Nowak, R., & Rodway, R. (1985). Effect of intravaginal implants of melatonin on the onset of ovarian activity in adult and prepubertal ewes. *J Reprod Fertil*, 287-293.
51. Pelletier, J., & Almeida, G. (1987). Short light cycles induce persistent reproductive activity in Ile-de-France rams. *Journals of Reproduction and fertility Ltd*, 215-226.
52. Reiter, J. (1991). Melatonin Synthesis: Multiplicity of Regulation. *Kynurenine and Serotonin Pathways: Progress in Tryptophan Research*, 149 -158.
53. Reiter, R., & Tan, D.-X. (2003). What constitutes a physiological concentration of melatonin? *Journal of Pineal Research*, 34(1), 79.
54. Rincón, R., Aréchiga, F., Escobar, F., Silva, J., Aguilera, J., López, C., . . . Valencia, J. (2011). El estímulo del macho cabrío incrementa la función reproductiva de las cabras criollas del semidesierto mexicano independientemente del régimen de fotoperiodo. *17. Scielo. Obtenido de Scielo*.
55. Rivas, R., Carrillo, E., Rodríguez, R., Leyva, C., Mellado, M., & Véliz, F. (2010). Efecto de la condición corporal de las hembras y del uso de machos sometidos a luz artificial adicional sobre la respuesta al estro de las cabras alpinas. *42 . 1285-1289*.
56. Rivera, G., Alanis, G., Chaves, M., Ferrero, S., & Morello, H. (2003). Seasonality of estrus and ovulation in Creole goats of Argentina. *48(2). Small Ruminant Research*, 109-117.
57. Santiago-Moreno, J. G.-B.-B.-P.-S. (2003). Seasonal ovulatory activity and plasma prolactin concentrations in the Spanish ibex (*Capra pyrenaica hispanica*) maintained in captivity. *43(3). Reproduction Nutrition Development*, 217-224.
58. Shelton, M. (1978). Reproduction and breeding of goats. *. Journal of Dairy Science*, 61: , 994-1010.
59. Sugden, D. (1989). Melatonin biosynthesis in the mammalian pineal gland. <https://doi.org/10.1007/BF01953049>, 922-932.
60. Tijmes, M., Pedraza, R., & Valladares, L. (1996). Melatonin in the rat testis: Evidence for local synthesis. *Steroids, Volume 61, Issue 2*, 65-68.
61. Ungerfeld, R., Forsberg, M., & Rubianes, E. (2004). Overview of the response of anoestrous ewes to the male effect. *16. Reproduction Fertility and Development*, 479-490.
62. Zarazaga, L., Celi, I., Guzmán, J., & Malpoux, B. (2010). Melatonin concentrations in the two jugular veins, and relationship with the seasonal reproductive activity in goats. *Theriogenology*, 74 (2), 221-228.

63. Zarazaga, L., Gatica, M., Celi, I., & Guzmán, J. (2012). Reproductive performance is improved during seasonal anoestrus in Murciano-Granadina and Payoya goats when the females, but not always the males, receive melatonin implants. . *Reproduction in Domestic Animals* doi: 10.1111/j.14390531.2011.01899.x .
64. Zarazaga, L., Gatica, M., Celi, I., Guzmán, J., & Malpaux, B. (2009). Effect of melatonin implants on sexual activity in Mediterranean goat females without separation from males. . *Theriogenology*, 72: , 910-918.
65. Zarazaga, L., Gatica, M., Celi, I., Guzmán, J., & Malpaux, B. (2011). Artificial long days and daily contact with bucks induce ovarian but not oestrous activity during the non-breeding season in Mediterranean goat females. *Animal Reproduction Science*, 125; 81-87  
Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378432011000698>
66. Zarazaga, L., Gatica, M., Celi, I., Guzmán, J., & Malpaux., B. (2011). Artificial long days in addition to exogenous melatonin and daily contact with bucks stimulate the ovarian and oestrous activity in Mediterranean goat females. . *Animal*, 9: 1414 -1419.

© 2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).