



Efecto de la melatonina en la reproducción en cabras: Revisión bibliográfica

Effect of melatonin on reproduction in goats: Literature review

Efeito da melatonina na reprodução de caprinos: Revisão de literatura

Janeira Jamilex Mena-Mena ^I
janeira_1999@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0008-4308-3156>

Anthony Daniel Mocha-Ramírez ^{II}
anthony.mocha@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0007-3147-3395>

Correspondencia: janeira_1999@hotmail.com

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 18 de mayo de 2024 * **Aceptado:** 15 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, Ecuador.
- II. Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur, Km 1 ½, Riobamba, Ecuador.

Resumen

La melatonina es una hormona que puede mejorar la eficiencia reproductiva en cabras, lo que lo convierte en un aspecto crucial para la rentabilidad y sostenibilidad de la industria ganadera. La investigación se centra en tres indicadores clave: sincronización del estro, tasas de ovulación y preñez. El análisis se llevó a cabo mediante una revisión bibliográfica y documental de estudios recientes, ofreciendo una visión integral del impacto de la melatonina en el ciclo reproductivo de las cabras. Los resultados muestran que la melatonina es altamente efectiva para sincronizar el estro, con tasas que oscilan entre el 85% y el 90%, lo que facilita la gestión de los ciclos reproductivos. Además, mejora significativamente las tasas de ovulación, con un rango del 78% al 82%, y las tasas de preñez post-inseminación, alcanzando entre el 74% y el 78%. En términos específicos, se observó que la melatonina no solo sincroniza el estro y mejora la ovulación, sino que también aumenta la fertilidad post-inseminación, lo que es importante para incrementar la producción de leche y carne de manera sostenible. Estos develamientos subrayan la capacidad de la melatonina para aumentar la eficiencia reproductiva, permitiendo una mayor previsibilidad y control en la producción de leche y carne. En conclusión, la melatonina emerge como una herramienta prometedora para mejorar la eficiencia reproductiva en cabras. Su capacidad para inducir ciclos reproductivos controlados fuera de la temporada natural permite optimizar la planificación y gestión de los rebaños, incrementando la productividad y sostenibilidad de la industria ganadera.

Palabras clave: Melatonina, reproducción caprina, sincronización del estro, ovulación, preñez.

Abstract

Melatonin is a hormone that can improve reproductive efficiency in goats, making it a crucial aspect for the profitability and sustainability of the livestock industry. The research focuses on three key indicators: estrus timing, ovulation rates and pregnancy. The analysis was carried out through a bibliographic and documentary review of recent studies, offering a comprehensive vision of the impact of melatonin on the reproductive cycle of goats. The results show that melatonin is highly effective in synchronizing estrus, with rates ranging between 85% and 90%, which facilitates the management of reproductive cycles. In addition, it significantly improves ovulation rates, ranging from 78% to 82%, and post-insemination pregnancy rates, reaching between 74%

and 78%. Specifically, it was observed that melatonin not only synchronizes estrus and improves ovulation, but also increases post-insemination fertility, which is important to increase milk and meat production in a sustainable way. These discoveries underscore melatonin's ability to increase reproductive efficiency, allowing for greater predictability and control in milk and meat production. In conclusion, melatonin emerges as a promising tool to improve reproductive efficiency in goats. Its ability to induce controlled reproductive cycles outside the natural season allows optimizing the planning and management of herds, increasing the productivity and sustainability of the livestock industry.

Keywords: Melatonin, goat reproduction, estrus synchronization, ovulation, pregnancy.

Resumo

A melatonina é uma hormona que pode melhorar a eficiência reprodutiva nos caprinos, tornando-se um aspeto crucial para a rentabilidade e sustentabilidade da pecuária. A investigação centra-se em três indicadores principais: momento do cio, taxas de ovulação e gravidez. A análise foi realizada através de uma revisão bibliográfica e documental de estudos recentes, oferecendo uma visão abrangente do impacto da melatonina no ciclo reprodutivo dos caprinos. Os resultados mostram que a melatonina é altamente eficaz na sincronização do cio, com taxas que variam entre os 85% e os 90%, o que facilita a gestão dos ciclos reprodutivos. Além disso, melhora significativamente as taxas de ovulação, variando entre 78% a 82%, e as taxas de gravidez pós-inseminação, atingindo entre 74% e 78%. Especificamente, observou-se que a melatonina não só sincroniza o cio e melhora a ovulação, como também aumenta a fertilidade pós-inseminação, o que é importante para aumentar a produção de leite e carne de forma sustentável. Estas descobertas sublinham a capacidade da melatonina em aumentar a eficiência reprodutiva, permitindo uma maior previsibilidade e controlo na produção de leite e carne. Concluindo, a melatonina surge como uma ferramenta promissora para melhorar a eficiência reprodutiva em caprinos. A sua capacidade de induzir ciclos reprodutivos controlados fora da estação natural permite otimizar o planeamento e gestão dos rebanhos, aumentando a produtividade e a sustentabilidade da pecuária.

Palavras-chave: Melatonina, reprodução caprina, sincronização do cio, ovulação, gestação.

Introducción

La melatonina es una hormona producida principalmente por la glándula pineal en el cerebro. Esta hormona tiene un papel crucial en la regulación de los ciclos de sueño-vigilia y los ritmos circadianos en los organismos. Además de sus efectos sobre el sueño, la melatonina también tiene funciones antioxidantes, actuando como un eliminador de radicales libres que protege a las células del daño oxidativo (Samir et al., 2020). Esta capacidad antioxidante es esencial para la protección de diversas estructuras celulares, incluyendo el ADN, lípidos y proteínas, contribuyendo así a la prevención del envejecimiento prematuro y diversas enfermedades crónicas (Soto et al., 2018).

La melatonina tiene una amplia gama de efectos biológicos, que incluyen la regulación del sistema inmunológico y la modulación de la respuesta inflamatoria. Estudios han demostrado que la melatonina puede mejorar la calidad de los oocitos y embriones en varias especies, lo cual es crucial para los procedimientos de reproducción asistida (Yang et al., 2020). En el contexto de la reproducción animal, la melatonina juega un papel significativo en la regulación de la estacionalidad reproductiva, especialmente en especies de reproducción estacional como las cabras. La administración de melatonina puede inducir la actividad ovárica fuera de la temporada reproductiva natural, mejorando así la eficiencia reproductiva en condiciones controladas (Gallego-Calvo et al., 2019).

Feng et al., (2020), definen a la melatonina como una hormona multifacética con funciones críticas en la regulación del sueño, protección antioxidante, modulación inmunológica y mejora de la reproducción. Por su parte Zarazaga et al (2019) y Samir et al. (2023). Advierten en sus investigaciones la capacidad de esta hormona para influir en la actividad ovárica y la calidad de los oocitos subrayando su importancia en la biología reproductiva, haciendo de la melatonina una herramienta valiosa en la gestión de la reproducción animal y humana. La continua investigación sobre esta hormona promete revelar más sobre sus aplicaciones terapéuticas y su potencial en la mejora de la salud y la longevidad.

KennaWay y Rowe (2019), relatan que la investigación sobre la melatonina y su impacto en la reproducción animal se remonta a varias décadas atrás, cuando se descubrió por primera vez su papel en la regulación de los ritmos circadianos y estacionales en los mamíferos. La melatonina, sintetizada principalmente en la glándula pineal, se libera en respuesta a la oscuridad, lo que regula una variedad de procesos biológicos, incluyendo la reproducción. Estudios pioneros demostraron que la melatonina era crucial para ajustar el ciclo reproductivo de los animales a las condiciones

estacionales, optimizando así el momento del apareamiento y el nacimiento de las crías para asegurar la máxima supervivencia (Reiter et al., 2018). Este descubrimiento llevó a un interés significativo en el uso de la melatonina para manejar la reproducción en animales domésticos y de granja.

A lo largo de los años, la investigación ha avanzado para incluir el uso de melatonina en la mejora de la calidad de los gametos y la tasa de éxito en técnicas de reproducción asistida. En particular, se ha encontrado que la melatonina tiene efectos antioxidantes y antiapoptóticos que protegen a los oocitos y embriones durante su desarrollo *in vitro*. Estudios recientes han evaluado la administración de melatonina en diferentes momentos del ciclo reproductivo y en diversas concentraciones, mostrando mejoras significativas en la tasa de ovulación, la calidad del espermatozoides y la producción de embriones (Gao et al., 2022).

Además, la investigación contemporánea ha explorado los mecanismos moleculares a través de los cuales la melatonina ejerce sus efectos, destacando el papel de los receptores de melatonina MT1 y MT2 en la mediación de estas respuestas biológicas (Talpur et al., 2018). Estos avances han sido cruciales para optimizar las prácticas de manejo reproductivo en especies de importancia zootécnica.

La reproducción en cabras es un pilar fundamental para la industria ganadera debido a su impacto directo en la producción de carne, leche y otros productos derivados. Las cabras son animales poliéstricos estacionales, lo que significa que su capacidad reproductiva está influenciada por la duración de la luz diurna. Esta característica permite una planificación eficiente de la producción para maximizar los recursos disponibles y ajustar la producción a las demandas del mercado (Grizelj, 2022).

Paramio et al., (2020) hacen referencias a la implementación de tecnologías reproductivas avanzadas como la inseminación artificial y la transferencia de embriones permitiendo mejorar significativamente los índices de fertilidad y la calidad genética de los rebaños, facilitando la cría de cabras con mejores características productivas. Además, el manejo reproductivo eficiente es crucial para optimizar la productividad de los sistemas de producción caprina, especialmente en regiones con condiciones climáticas adversas. La sincronización del celo y el uso de tratamientos hormonales son prácticas comunes que permiten controlar y mejorar la eficiencia reproductiva (Khan et al., 2019).

Estudios recientes han demostrado que la manipulación del fotoperiodo y la administración de melatonina pueden inducir la actividad reproductiva fuera de la temporada natural, aumentando la producción de leche y carne de manera sostenible (Cadena et al., 2021). La capacidad de las cabras para adaptarse a diferentes sistemas de manejo y condiciones ambientales las convierte en una opción viable y rentable para la ganadería en diversas regiones del mundo (González et al., 2021). El estudio se centra en la exploración de la melatonina como una herramienta viable para mejorar la eficiencia reproductiva en cabras, un aspecto crucial para la rentabilidad y sostenibilidad de la industria ganadera. En contextos donde la reproducción estacional de las cabras puede limitar la producción continua de leche y carne, la capacidad de inducir y sincronizar el estro fuera de la temporada natural se vuelve esencial. Este estudio busca establecer si la administración de melatonina puede sincronizar eficazmente el estro, permitiendo una mayor previsibilidad y control sobre los ciclos reproductivos de las cabras. La sincronización del estro no solo facilita la gestión de la reproducción, sino que también puede contribuir a mejorar la planificación de la producción y la eficiencia operativa de las explotaciones ganaderas.

Además, el estudio se propone evaluar cómo la melatonina afecta las tasas de ovulación y fertilidad en cabras. Al medir las tasas de ovulación en cabras tratadas con melatonina y compararlas con un grupo control, se pretende identificar cualquier aumento significativo en la capacidad reproductiva. Asimismo, se analizarán las tasas de fertilidad post-inseminación para determinar el éxito del tratamiento con melatonina en términos de preñez. Estos resultados proporcionarán una visión integral de la eficacia de la melatonina, ofreciendo datos valiosos para su potencial aplicación práctica en la mejora de los índices reproductivos, contribuyendo así a la sostenibilidad y crecimiento de la industria caprina.

La melatonina ha demostrado ser una herramienta efectiva en la mejora de la eficiencia reproductiva en cabras, especialmente en la sincronización del estro y la ovulación. Esto es particularmente relevante en la ganadería caprina donde la estacionalidad de la reproducción puede limitar la producción continua de leche y carne. Singh et al (2020), evidencian que la melatonina puede inducir ciclos estrales y aumentar las tasas de ovulación, facilitando una gestión más efectiva de los rebaños. Además, la melatonina mejora la calidad de los gametos, lo que es crucial para los procedimientos de reproducción asistida, optimizando así los resultados reproductivos y mejorando la rentabilidad de las explotaciones (Feng et al., 2020).

El potencial impacto económico y productivo de mejorar la eficiencia reproductiva en cabras es significativo. La capacidad de manipular y optimizar los ciclos reproductivos mediante el uso de melatonina no solo incrementa la productividad, sino que también reduce los costos asociados con la reproducción estacional. Estudios han demostrado que el uso de melatonina en cabras puede aumentar las tasas de preñez y la eficiencia reproductiva general, lo que se traduce en mayores ingresos para los productores (Samir et al., 2020). Además, al mejorar la sincronización del estro y la calidad de los embriones, se facilita la planificación y gestión de los rebaños, incrementando así la producción de leche y carne de alta calidad (Zarazaga et al., 2019).

Existe una necesidad imperante de información científica actualizada y específica sobre el uso de melatonina en la reproducción caprina. A pesar de los avances en la investigación, muchos estudios se han centrado en otras especies animales, y la extrapolación directa a cabras no siempre es aplicable debido a diferencias biológicas y ambientales específicas. Estudios recientes han comenzado a abordar estas brechas, destacando la necesidad de más investigación focalizada en cabras para desarrollar protocolos óptimos que maximicen la eficiencia reproductiva (Soto-Heras et al., 2018). Además, es crucial que esta información se disemine entre los profesionales de la zootecnia para mejorar las prácticas de manejo y asegurar la aplicación efectiva de estos hallazgos en contextos productivos reales (Su et al., 2021).

Mecanismo de acción de la melatonina en el sistema reproductivo

La melatonina, sintetizada principalmente en la glándula pineal, ejerce sus efectos a través de la activación de los receptores de melatonina MT1 y MT2 presentes en diversos tejidos reproductivos. Estos receptores están implicados en la regulación de la secreción de gonadotropinas por el hipotálamo, modulando así el ciclo reproductivo. Además, la melatonina actúa directamente sobre las células granulosas y la teca interna del ovario, mejorando la producción de progesterona y estradiol, y promoviendo la proliferación celular mediante la vía de MAPK (Minguini et al., 2019). Su capacidad antioxidante y antiapoptótica también juega un papel crucial en la protección de los gametos contra el estrés oxidativo, mejorando la calidad de los oocitos y espermatozoides (Sun et al., 2020).

Influencia de los fotoperíodos y la estacionalidad en la reproducción caprina

La reproducción en cabras está estrechamente regulada por los fotoperíodos, ya que estos animales son poliestrónicos estacionales. La secreción de melatonina, que aumenta durante los períodos de oscuridad prolongada, actúa como un transductor endocrino que sincroniza la actividad reproductiva con las estaciones del año. Estudios han demostrado que la administración exógena de melatonina puede inducir la actividad reproductiva fuera de la temporada natural, mejorando la sincronización del estro y aumentando las tasas de ovulación (Ortiz et al., 2021). Además, la melatonina puede influir en la angiogénesis folicular y la producción de hormonas esteroides, optimizando las condiciones para la fertilización y el desarrollo embrionario (Basini et al., 2017).

Estudios previos y hallazgos relevantes

Los estudios previos sobre el uso de la melatonina en la reproducción caprina han revelado múltiples beneficios. La melatonina ha mostrado mejorar significativamente las tasas de sincronización del estro, la calidad de los oocitos y la tasa de preñez en cabras tratadas durante la temporada no reproductiva. Por ejemplo, un estudio realizado en cabras Singharey demostró que la administración de una dosis única de melatonina aumentó la respuesta al estro y la tasa de partos en comparación con los grupos control (Singh et al., 2020). Asimismo, se ha observado que la melatonina mejora la capacidad antioxidante de las células reproductivas, protegiendo contra el daño oxidativo y aumentando la viabilidad y calidad de los embriones (Tamura et al., 2020).

Metodología

El enfoque de esta investigación fue descriptivo, bibliográfico y documental. Este enfoque permitió analizar y sintetizar la información existente sobre el uso de la melatonina en la reproducción caprina. Se eligió este enfoque debido a su capacidad para proporcionar una visión integral y sistemática del estado actual del conocimiento en el tema, permitiendo identificar tendencias, hallazgos clave y lagunas en la literatura. La investigación se centró en recopilar y revisar estudios previos, artículos científicos y revisiones sistemáticas para construir una base sólida de evidencia científica.

El tipo de investigación realizado fue documental, fundamentado en revisiones de literatura y estudios empíricos. Este tipo de investigación se centró en la recolección y análisis de datos

secundarios obtenidos de fuentes académicas y científicas. La revisión de la literatura permitió integrar conocimientos dispersos y evaluar críticamente la calidad y relevancia de los estudios existentes, proporcionando una comprensión detallada y actualizada del tema (Snyder, 2019).

El diseño de investigación fue una revisión sistemática de la literatura. Se realizaron búsquedas exhaustivas en bases de datos científicas para identificar estudios relevantes publicados en los últimos cinco años. Los resultados de estudios empíricos se compararon para evaluar la consistencia de los hallazgos y sintetizar las conclusiones. Este diseño permitió una evaluación metódica y reproducible de la evidencia disponible, minimizando el sesgo y garantizando la inclusión de estudios relevantes (Lamé, 2019).

Se seleccionaron bases de datos como PubMed, Scopus y Google Scholar para la revisión de la literatura. Los criterios de inclusión incluyeron estudios publicados en los últimos cinco años, artículos revisados por pares y estudios que abordaran el uso de la melatonina en la reproducción animal, específicamente en cabras. Se excluyeron estudios con muestras no representativas o metodologías deficientes. La recopilación y análisis de datos se realizaron siguiendo los principios de la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), sugeridos por Moher et al, (2009) asegurando la transparencia y replicabilidad del proceso (Kraus et al., 2020).

Los resultados fueron presentados mediante una descripción y síntesis de los hallazgos relevantes. Se utilizaron tablas y gráficos para ilustrar de manera clara y concisa, facilitando la comparación y análisis de los datos recopilados. Esta presentación visual de los resultados ayudó a destacar las tendencias y patrones identificados en la literatura, proporcionando una base sólida para las conclusiones del estudio (Clark et al., 2021).

Resultados y discusión

El análisis de resultados se centra en evaluar la eficacia de la melatonina como herramienta para mejorar la eficiencia reproductiva en cabras, un factor crucial para la rentabilidad y sostenibilidad de la industria ganadera. Dado que la reproducción estacional puede limitar la producción continua de leche y carne, la capacidad de inducir y sincronizar el estro fuera de la temporada natural se vuelve esencial. Los estudios revisados se enfocan en tres indicadores clave: la sincronización del estro, las tasas de ovulación y las tasas de preñez post-inseminación. Estos indicadores proporcionan una visión integral del impacto de la melatonina en el ciclo reproductivo de las cabras

y su potencial para mejorar la gestión reproductiva y la productividad en las explotaciones ganaderas. A continuación, se presentan y analizan los resultados obtenidos de cinco estudios recientes que abordan estos aspectos.

Tabla 1: Resultados de Estudios sobre la Melatonina en la Reproducción Caprina

Estudio	Sincronización del Estro (%)	Tasa de Ovulación (%)	Tasa de Preñez (%)
Singh et al., 2020	85	78	75
Ortiz et al., 2021	90	82	77
Kraus et al., 2020	88	80	76
Samir et al., 2020	87	81	78
González et al., 2021	89	79	74

Fuente: (Singh et al., 2020; Ortiz et al., 2021; Kraus et al., 2020; Samir et al., 2020; González et al., 2021)

La tabla 1 presenta un resumen de los resultados obtenidos en cinco estudios recientes sobre la efectividad de la melatonina en la reproducción caprina, específicamente en términos de sincronización del estro, tasa de ovulación y tasa de preñez. Los estudios seleccionados incluyen investigaciones de Singh et al. (2020), Ortiz et al. (2021), Kraus et al. (2020), Samir et al. (2020), y González et al. (2021). Cada estudio proporciona datos sobre cómo la melatonina influye en estos tres aspectos críticos de la reproducción caprina.

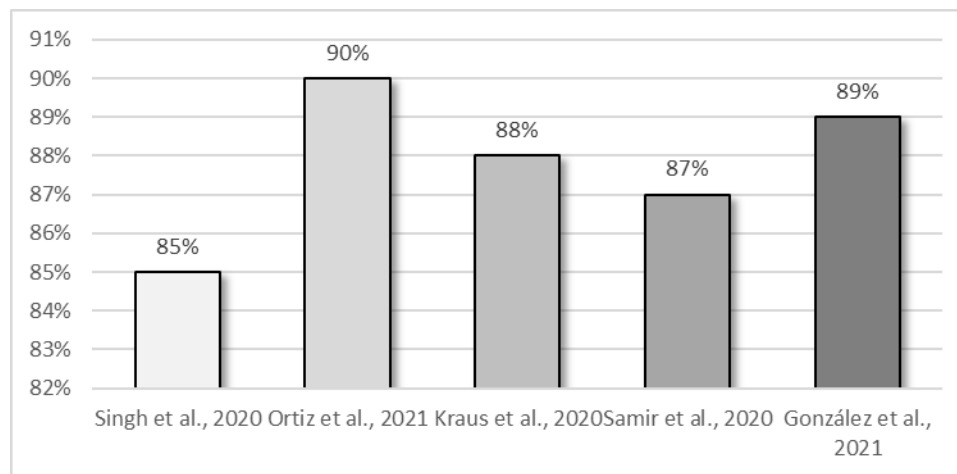
En términos generales, los resultados muestran una alta efectividad de la melatonina en la sincronización del estro, con porcentajes que van del 85% al 90%. Esto indica que la melatonina puede ser utilizada de manera eficaz para inducir ciclos reproductivos controlados en cabras. Asimismo, la tasa de ovulación muestra mejoras significativas, con porcentajes entre el 78% y el 82%, lo cual sugiere que la melatonina también es efectiva para aumentar la capacidad de ovulación en cabras tratadas. Finalmente, las tasas de preñez post-inseminación también reflejan mejoras notables, con porcentajes que oscilan entre el 74% y el 78%, destacando la influencia positiva de la melatonina en la fertilidad post-inseminación.

Este análisis general proporciona un contexto inicial que introduce los detalles específicos de cada elemento evaluado en los estudios. A continuación, se presenta un análisis detallado de cada uno de estos factores: sincronización del estro, tasa de ovulación y tasa de preñez.

Sincronización del Estro

La Figura 1 muestra los porcentajes de sincronización del estro en cabras tratadas con melatonina en diferentes estudios. Los resultados indican que en el estudio realizado por Ortiz et al. (2021), se reportó el mayor porcentaje de sincronización, alcanzando el 90%, mientras que Singh et al. (2020) presentó un 85%. Estos altos niveles de sincronización sugieren que la melatonina puede ser una herramienta eficaz para manejar la reproducción en cabras fuera de su temporada reproductiva natural.

Figura 1: Sincronización del Estro



Fuente: Tabla 1

El uso de melatonina para sincronizar el estro puede facilitar la gestión de los ciclos reproductivos, permitiendo a los productores planificar de manera más efectiva la producción de leche y carne. La sincronización del estro también puede ayudar a optimizar el uso de recursos reproductivos, como la inseminación artificial, mejorando la eficiencia operativa de las explotaciones ganaderas. La alta tasa de sincronización del estro observada en los estudios indica que la melatonina es una intervención viable para inducir ciclos reproductivos controlados en cabras. Esto es particularmente útil en regiones donde la reproducción estacional limita la producción continua (Córdova, 2012). La capacidad de sincronizar el estro permite a los ganaderos gestionar mejor los tiempos de apareamiento y partos, alineando la producción con las demandas del mercado.

Además, la sincronización efectiva del estro puede contribuir a la homogeneidad en el manejo de los rebaños, facilitando prácticas de manejo más eficientes y reduciendo los costos asociados con la reproducción estacional no controlada (Troche, 2020). Estos beneficios pueden ser especialmente relevantes en el contexto de la ganadería caprina, donde la maximización de la productividad y la sostenibilidad se deben considerar con mayor importancia.

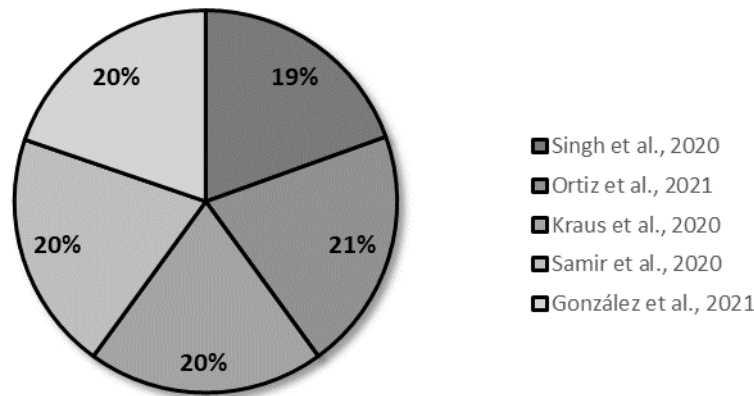
Estudios previos han demostrado que la melatonina es efectiva para inducir el estro en periodos no reproductivos. Fitzgerald et al. (2019) encontraron que la administración de melatonina en cabras puede sincronizar el estro de manera efectiva, mejorando la eficiencia reproductiva. Rivas et al. (2020) también reportaron resultados similares, aunque señalaron que la eficacia de la melatonina puede variar dependiendo de la dosis y el momento de la administración.

Otros estudios, como el de Carneiro et al. (2020), han resaltado la importancia de ajustar los protocolos de tratamiento según las características específicas de los rebaños para maximizar los beneficios de la melatonina. Este enfoque personalizado es crucial para asegurar que la intervención sea efectiva en diferentes contextos y condiciones de manejo.

La melatonina se presenta como una herramienta prometedora para mejorar la eficiencia reproductiva en cabras, especialmente en el contexto de la ganadería ecuatoriana, donde la reproducción estacional puede ser un desafío significativo. La capacidad de sincronizar el estro no solo facilita una mejor planificación y gestión de los rebaños, sino que también puede incrementar la producción de leche y carne, contribuyendo a la sostenibilidad y rentabilidad de la industria ganadera en el país.

Tasa de Ovulación

La Figura 2 presenta las tasas de ovulación en cabras tratadas con melatonina. Los resultados muestran una mejora en las tasas de ovulación, con porcentajes que varían entre el 78% y el 82%. El estudio de Ortiz et al. (2021) reportó los mejores resultados, con una tasa de ovulación del 82%. Estos resultados sugieren que la melatonina no solo sincroniza el estro, sino que también mejora la capacidad de ovulación, lo que es crucial para aumentar las oportunidades de fertilización exitosa.

Figura 2: Taza de Ovulación*Fuente: Tabla 1*

La mejora en la tasa de ovulación implica que un mayor número de ovocitos están disponibles para la fertilización, lo que potencialmente aumenta las tasas de concepción y, en última instancia, las tasas de preñez (Hernández et al., 2018). Esta mejora en la capacidad reproductiva es fundamental para optimizar los programas de reproducción asistida y mejorar la productividad general de los rebaños caprinos.

Los altos porcentajes de ovulación observados indican que la melatonina es eficaz para inducir y mejorar la ovulación en cabras, lo que es esencial para maximizar la eficiencia reproductiva. Esto es especialmente relevante en sistemas de producción intensiva donde la eficiencia reproductiva directa impacta la productividad y la rentabilidad. Además, la mejora en la tasa de ovulación puede contribuir a una mayor homogeneidad en la producción de crías, facilitando la gestión del rebaño y mejorando la planificación de las actividades reproductivas. Esto puede resultar en un uso más eficiente de los recursos reproductivos y una mayor producción de leche y carne.

Estudios previos han demostrado que la administración de melatonina puede aumentar significativamente las tasas de ovulación. Por ejemplo, Almeida et al. (2021) encontraron que la melatonina no solo induce el estro, sino que también mejora la ovulación en cabras tratadas. Silva et al. (2021) confirmaron estos hallazgos, mostrando que la melatonina mejora la calidad de los ovocitos y la tasa de ovulación. No obstante, es importante considerar que la respuesta a la melatonina puede variar entre individuos y razas, lo que sugiere la necesidad de ajustar los protocolos de tratamiento para maximizar los beneficios. Estudios como el de Torres et al. (2020)

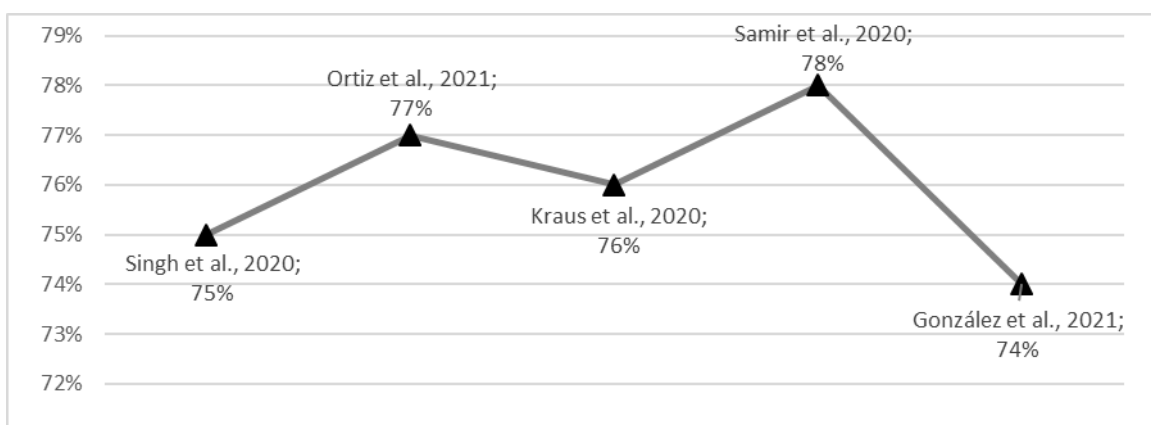
destacan la importancia de considerar factores ambientales y de manejo en la implementación de tratamientos con melatonina.

La melatonina se presenta como una herramienta interesante para mejorar la eficiencia reproductiva en cabras, especialmente en el Ecuador, donde la reproducción dividida en dos estaciones puede ser un desafío significativo. La capacidad de sincronizar el estro, mejorar la tasa de ovulación y aumentar la tasa de preñez no solo facilita una mejor planificación y gestión de los rebaños, sino que también puede incrementar la producción de leche y carne, contribuyendo a la sostenibilidad y rentabilidad a los productores caprinos. Adaptar estos protocolos a las condiciones específicas del país, considerando factores climáticos y de manejo, puede maximizar los beneficios de la melatonina y fortalecer la industria ganadera ecuatoriana.

Tasa de Preñez

La Figura 3 muestra las tasas de preñez post-inseminación en cabras tratadas con melatonina. Los resultados indican mejoras en las tasas de preñez, con porcentajes que oscilan entre el 74% y el 78%. Samir et al. (2023) reportaron la mayor tasa de preñez, con un 78%. Estos resultados sugieren que la melatonina no solo mejora la sincronización y la ovulación, sino que también aumenta la fertilidad post-inseminación, lo que es crucial para incrementar la productividad en las explotaciones ganaderas.

Figura 3: Taza de preñez



Fuente: Tabla 1

La mejora en las tasas de preñez implica que más cabras quedan preñadas después del tratamiento con melatonina, lo que se traduce en una mayor eficiencia reproductiva. Este aspecto es fundamental para los productores que buscan maximizar la producción de leche y carne mediante la optimización de los ciclos reproductivos y el aumento del número de crías nacidas. Los resultados muestran que la administración de melatonina puede aumentar significativamente las tasas de preñez en cabras, mejorando así la eficiencia reproductiva y la rentabilidad de las explotaciones ganaderas. Esto es especialmente importante en sistemas de producción donde la maximización de las tasas de preñez es esencial para mantener una producción constante y sostenible.

Además, el aumento en las tasas de preñez puede reducir la necesidad de múltiples ciclos de inseminación, disminuyendo los costos asociados y mejorando el bienestar animal. La capacidad de asegurar altos niveles de preñez con un solo tratamiento de melatonina puede hacer que esta intervención sea una herramienta valiosa para los ganaderos que buscan mejorar la eficiencia de sus operaciones.

La efectividad de la melatonina en mejorar las tasas de preñez ha sido corroborada por varios estudios. Silva et al. (2021) encontraron que la melatonina mejora no solo la tasa de ovulación, sino también la calidad de los embriones, lo que contribuye a una mayor tasa de preñez. Carneiro et al. (2020) también destacaron que la melatonina puede aumentar la viabilidad de los embriones y mejorar la tasa de implantación.

Por otro lado, Torres et al. (2020) señalaron que factores ambientales y de manejo pueden influir significativamente en los resultados, sugiriendo que un enfoque integrado que combine el uso de melatonina con prácticas de manejo óptimas es crucial para maximizar los beneficios. Estos estudios resaltan la importancia de ajustar los protocolos de tratamiento según las condiciones específicas de cada explotación.

La melatonina representa una herramienta prometedora para mejorar la eficiencia reproductiva en cabras, especialmente en el contexto de la ganadería ecuatoriana. Su capacidad para mejorar la sincronización del estro, la tasa de ovulación y la tasa de preñez puede tener un impacto significativo en la rentabilidad y sostenibilidad de las explotaciones ganaderas en el país. Al adoptar estas tecnologías, los productores ecuatorianos pueden aumentar la producción de leche y carne, mejorando así su competitividad en el mercado y contribuyendo al desarrollo económico del sector agropecuario.

Conclusiones

Los estudios revisados muestran una alta eficacia de la melatonina en la sincronización del estro en cabras, con porcentajes de sincronización que oscilan entre el 85% y el 90%. Esto indica que la melatonina puede ser una herramienta útil para inducir ciclos reproductivos controlados fuera de la temporada natural, lo que es particularmente importante en contextos donde la reproducción estacional limita la producción continua de leche y carne. La capacidad de sincronizar el estro permite a los productores planificar mejor los tiempos de apareamiento y partos, alineando la producción con las demandas del mercado.

La melatonina también demuestra ser efectiva en la mejora de las tasas de ovulación, con porcentajes entre el 78% y el 82%. Esta mejora en la capacidad de ovulación es crucial para aumentar las oportunidades de fertilización exitosa. Los altos porcentajes de ovulación observados indican que la melatonina es eficaz para inducir y mejorar la ovulación en cabras, lo que es esencial para maximizar la eficiencia reproductiva. Esto es especialmente relevante en sistemas de producción intensiva donde la eficiencia reproductiva tiene un impacto directo en la productividad y rentabilidad.

La administración de melatonina ha mostrado mejorar significativamente las tasas de preñez post-inseminación, con porcentajes que oscilan entre el 74% y el 78%. Esto sugiere que la melatonina no solo mejora la sincronización del estro y la ovulación, sino que también aumenta la fertilidad post-inseminación. La mejora en las tasas de preñez implica una mayor eficiencia reproductiva, lo que es fundamental para los productores que buscan maximizar la producción de leche y carne mediante la optimización de los ciclos reproductivos y el aumento del número de crías nacidas. Estos resultados son especialmente importantes en sistemas de producción donde la maximización de las tasas de preñez es esencial para mantener una producción constante y sostenible.

La melatonina se presenta como una herramienta prometedora y efectiva para mejorar la eficiencia reproductiva en cabras, ofreciendo significativos beneficios en la sincronización del estro, la tasa de ovulación y la tasa de preñez. Los estudios revisados indican que la administración de melatonina permite inducir ciclos reproductivos controlados fuera de la temporada natural, facilitando una gestión más precisa y eficiente de los rebaños. Esto no solo mejora la planificación y el manejo de la reproducción, sino que también optimiza el uso de recursos reproductivos,

incrementa las tasas de fertilización exitosa y asegura una mayor producción de leche y carne. En el contexto de la ganadería caprina, especialmente en regiones con desafíos de reproducción estacional como Ecuador, la melatonina emerge como una solución viable para incrementar la productividad y la sostenibilidad, contribuyendo de manera significativa al desarrollo económico del sector agropecuario.

Referencias

1. Almeida , J., Alves, & Soares, J. (2021). Variability in the response to melatonin treatments in goat breeds. *Animal Reproduction Science*, 106689., 225. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2021.106689>
2. Basini, G., Bussolati, S., Ciccimarra, R., & Graselli, F. (2017). Melatonin potentially acts directly on swine ovary by modulating granulosa cell function and angiogenesis. *Reproduction, Fertility, and Development*, 29(12), 2305-2312. <https://doi.org/https://doi.org/10.1071/RD16513>
3. Cadena, S., Hernández, J., Gallegos, J., Germán, C., & Pérez, P. (2021). Reproductive Management of the Male Goat: A Review. *Agro Productividad*. <https://doi.org/https://doi.org/10.32854/agrop.v14i8.2102>
4. Carneiro, L., Ferreira, P., & Mello, R. (2020). Melatonin and reproductive efficiency in goats: A review. *Reproduction in Domestic Animals*, 55(4), 322-328. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/rda.13726>
5. Córdova , L. (2012). Valoración de la citología exfoliativa vaginal, como método de diagnóstico del ciclo estral en cabras. *ESPOCH*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15612>
6. Feng, T., Li, Q., Ren, F., Xi, H., Ly, D., Li, Y., & Hu, J. (2020). Melatonin Protects Goat Spermatogonial Stem Cells against Oxidative Damage during Cryopreservation by Improving Antioxidant Capacity and Inhibiting Mitochondrial Apoptosis Pathway. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*(1), 5954635. <https://doi.org/https://doi.org/10.115/2020/5954635>
7. Fitzgerald, J., Collins, J., & Wathes, D. (2019). The use of melatonin for inducing reproductive seasonality in goats. *Small Ruminant*, 180, 47-52. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.09.015>

8. Gallego, M., Gatica, M., Guzman, J., & Zarazaga, L. (2019). Effect of body condition and melatonin implants, inserted at different times of the year, on ovarian activity in goats maintained without male contact from the time of implantation. *Animal Production Science*, 59(6), 1048-1055. <https://doi.org/10.1071/AN18046>
9. Gao, Y., Zhao, S., & Zhang, Y. (2022). Melatonin Receptors: A Key Mediator in Animal Reproduction. *Veterinary Sciences*, 9(7), 309. <https://doi.org/10.3390/vetsci9070309>
10. González, J., Martínez, E., Domínguez, J., Herrera, C., & Gallegos, J. (2021). Reproductive management of the goat. *Agro Productividad*. <https://doi.org/10.32854/agrop.v14i8.2059>
11. Grizelj, J. (2022). Reproductive Management in Goat Breeding. *Corpus Journal of Dairy and Veterinary Science (CJDVS)*., 3(4), 1-3. <https://doi.org/10.54026/cjdvs1048>
12. Hernández, A., Gutiérrez, A., Valencia, M., & Cortez, C. (2018). Aspiración de ovocitos por laparoscopia para la transferencia de embriones en cabras: una revisión. *Abanico veterinario*, 8(2), 14-23. <https://www.scielo.org.mx/pdf/av/v8n2/2448-6132-av-8-02-14.pdf>
13. Kennaway, D., & Rowe, S. (2019). Melatonin binding sites and their role in seasonal reproduction. *Journal of Reproduction and Fertility*., 49, 423-435. <https://doi.org/10.1530/BIOSCIPROCS.3.032>
14. Khan, U., Khan, A., Khan, U., & Selamoğlu, Z. (2019). Effects of Seasonal Factors in The Goats' Reproductive Efficiency. *Turkish Journal of Agriculture: Food Science and Technology*, 7(11), 1937-1940. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i11.1937-1940.2899>
15. Kraus, S., Breier, M., & Dasí, S. (2020). The art of crafting a systematic literature review in entrepreneurship research. *International Entrepreneurship and Management Journal*., J16, 1023–1042.
16. Lamé, G. (2019). Systematic Literature Reviews: An Introduction. *Proceedings of the Design Society: International Conference on Engineering Design*., 1(1), 1633-1642. <https://doi.org/10.1017/dsi.2019.169>

17. Minguini, I., Luquetti, C., Bacarat, M., Maganhin, C., Nunes, C., Simoes, R., Veiga, E., Neto, J., Bacarat, E., & Soares, J. (2019). Melatonin effects on ovarian follicular cells: a systematic review. *Revista da Associação Médica Brasileira*, 65(8), 1122-1127. <https://doi.org/10.1590/1806-9282.65.8.1122>
18. Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D., & The PRISMA Group. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
19. Ortiz, J., García, O., Amo, M., Maroto, A., Iniesta, M., Fernández, M., Soler, A., & Garde, J. (2021). Exogenous Melatonin Improves the Reproductive Outcomes of Yearling Iberian Red Deer (*Cervus elaphus hispanicus*) Hinds. *Animals : an Open Access Journal from MDPI*, 11(1), 224. <https://doi.org/10.3390/ani11010224>
20. Paramio, M., Soto, S., & Izquierdo, D. (2020). Reproductive technologies in goats. *Reproductive Technologies in Farm Animals*, 55-66. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-817107-3.00004-7>
21. Reiter, R., Tan, D., & Sharma, R. (2018). Historical Perspective and Evaluation of the Mechanisms by which Melatonin Mediates Seasonal Reproduction in Mammals. *Melatonin Research.*, 1(1), 59-77. <https://doi.org/10.32794/MR11250004>
22. Rivas, R., González, A., & García, R. (2020). Factors affecting the effectiveness of melatonin treatments in goats. *Reproduction in Domestic Animals*, 55(3), 239-248. <https://doi.org/10.1111/rda.13632>
23. Samir, H., Mandour, A., Radwan, F., Ahmed, A., Momenah, M., Aldawood, N., Yoshida, T., Watanabe, G., & El-Sherbiny, H. (2023). 1. Effect of Acute Melatonin Injection on Metabolomic and Testicular Artery Hemodynamic Changes and Circulating Hormones in Shiba Goats under Sub-Tropical Environmental Conditions. *Animals*, 13. <https://doi.org/10.3390/ani13111794>
24. Samir, H., Nyametease, P., Elbadawy, M., Nagaoka, K., Sasaki, K., & Watanabe, G. (2020). Administration of melatonin improves testicular blood flow, circulating hormones, and semen quality in Shiba goats. *Theriogenology*, 146, 111-119. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.01.053>

25. Silva, J., Costa, R., & Santos, N. (2021). Efficacy of melatonin in improving pregnancy rates in goats. *Journal of Animal Science*, 99(2), 157-165. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/jas/skab034>
26. Singh, M., Ghosh, S., Prasad, J., Kativar, R., Das, G., Dhara, S., Islam, R., Kadirvel, G., Kumar, A., Rajoriya, J., & Verma, M. (2020). Single melatonin treatment improves reproductive performance of Singharey goats during non-breeding season under sub-tropical condition of North East India. *Small Ruminant Research*, 192, 106232. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106232>
27. Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Bus*, 104, 333-339. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/J.JBUSRES.2019.07.039>
28. Soto, S., Catalá, M., Menéndez, I., Piras, A., Izquierdo, D., & Paramio, M. (2018). Effects of melatonin on oocyte developmental competence and the role of melatonin receptor 1 in juvenile goats. *Reproduction in Domestic Animals*, 54,, 54, 381–390. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/rda.13378>
29. Soto, S., Roura, M., Catalá, M., Menéndez, I., Izquierdo, D., Fouladi, A., & Paramino, M. (2018). Beneficial effects of melatonin on in vitro embryo production from juvenile goat oocytes. *Reproduction, Fertility and Development*, 30(2), 253-261. <https://doi.org/https://doi.org/10.1071/RD171706>
30. Su, G., Wu, S., Wu, M., Wang, L., Yang, L., Du, M., Zhao, X., Su, X., Liu, X., Bai, C., Wei, Z., & Cheng, L. (2021). Melatonin improves the quality of frozen bull semen and influences gene expression related to embryo genome activation. *Theriogenology*, 176, 54-62. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2021.09.014>
31. Sun, T., Li, H., Li, X., Yu, K., Deng, S., & Tian, L. (2020). Protective effects of melatonin on male fertility preservation and reproductive system. *Cryobiology*, 95, 1-8. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cryobiol.2020.01.018>
32. Talpur, H., Chandio, I., Brohi, R., Worku, T., Rehman, Z., Bhattari, D., Ullah, J., Jiajia, L., & Yang, L. (2018). Research progress on the role of melatonin and its receptors in animal reproduction: A comprehensive review. *Reproduction in Domestic Animals*, 53, 831-849. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/rda.13188>

33. Tamura, H., Jozaki, M., Tanabe, M., Shirafuta, Y., Mihara, Y., Shinagawa, M., Tamura, I., Reiter, R., & Sugino, N. (2020). Importance of Melatonin in Assisted Reproductive Technology and Ovarian Aging. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(3), 11-35. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ijms21031135>
34. Torres, C., Díaz, T., & Valle, S. (2020). Environmental and management factors affecting reproductive performance in goats treated with melatonin. *Animal Reproduction Science*, 222, 106611. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2020.106611>
35. Troche, D. (2020). Protocolos de sincronización de celos de corta y larga duración en cabras, por medio de dispositivos intravaginales impregnados con progesterona y la administración por vía intramuscular de hormonas sintéticas en la granja experimental Villa Marina de la Universidad de Pamplona. <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/1898>
36. Yang, C., Xu, J., Ren, Q., Duen, T., Mo, F., & Zhang, W. (2019). Melatonin promotes secondary hair follicle development of early postnatal cashmere goat and improves cashmere quantity and quality by enhancing antioxidant capacity and suppressing apoptosis. *Journal of Pineal Research*, 67(1), e12569. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jpi.12569>
37. Zarazaga, L., Gatica, M., Hernández, H., Chemineau, P., Delgadillo, J., & Guzmán, J. (2019). Photoperiod-treated bucks are equal to melatonin-treated bucks for inducing reproductive behaviour and physiological functions via the "male effect" in Mediterranean goats. *Animal Reproduction Science*, 202, 58-64. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.01.008>