



Facultad de Veterinaria  
**Universidad** Zaragoza



# Trabajo Fin de Grado en Veterinaria

Efecto del tratamiento con melatonina a corderos en lactación sobre su  
tasa de crecimiento

Effect of melatonin treatment of lactating lambs on their growth rate

Autor/es:

Sandra Jiménez Jiménez

Director/es:

José Alfonso Abecia Martínez

Facultad de Veterinaria

2023-2024

---



## ÍNDICE:

1. RESUMEN/ABSTRACT .....	4
2. INTRODUCCIÓN .....	6
2.1 Raza Rasa Aragonesa.....	6
2.2 La melatonina.....	7
2.3 Efectos de la melatonina.....	9
2.4 Implantes de la melatonina.....	10
2.5 Crecimiento de corderos respecto a la melatonina .....	12
3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS .....	13
4. MATERIAL Y MÉTODOS .....	13
4.1 Colocación de implantes .....	14
4.1 Análisis estadístico .....	15
5. RESULTADOS Y DISCUSION.....	16
6. CONCLUSIONES .....	22
CONCLUSIONS .....	22
7. VALORACIÓN PERSONAL.....	23
8. BIBLIOGRAFÍA .....	24

## **1. RESUMEN/ABSTRACT**

Los implantes de melatonina exógenos han sido usados de manera tradicional como un medio de control del ciclo sexual de los pequeños rumiantes, con el fin de lograr partos a contraestación, con los precios del cordero más elevados. Sin embargo, en los últimos tiempos se está aplicando en ovejas gestantes con el fin de mejorar los rendimientos productivos de sus corderos. También han sido aplicados directamente a los corderos durante su lactación, observándose en estos un descenso de su temperatura corporal, una disminución de su actividad locomotora, unos mayores pesos vivos y crecimientos diarios.

Queda sin embargo determinar cuál es el momento óptimo para la colocación de los implantes de melatonina a los corderos en el periodo de lactación.

Por todo ello, en este Trabajo de Fin de Grado se desarrolló un experimento realizado en la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Zaragoza que tiene como principales objetivos la determinación de efectos de los implantes de melatonina colocados en tres momentos diferentes de la lactación de los corderos (15,30,45 d). Para la realización del ensayo se dividieron en cuatro lotes. A tres de ellos se les administraron dos implantes de melatonina y el cuarto fue el lote control para comparar los resultados.

Durante el experimento los corderos fueron pesados a los 15, 30 y 45 días tras el nacimiento, observando así los efectos del tratamiento de los implantes sobre el peso vivo (PV), la ganancia media diaria (GMD) y el índice de transformación (IT).

Los corderos que recibieron los implantes en el destete (d 45), tuvieron un mayor CMD y PV en el sacrificio que sus compañeros de rebaño. Cabe destacar, que los corderos de la Rasa Aragonesa se destetan a los 45 d y se alojan en cebaderos hasta que alcanzan el peso de sacrificio (aprox. 24 kg) a los 90 d aproximadamente.

En conclusión, se están desarrollando nuevas aplicaciones en el uso de la melatonina exógena como herramienta en la producción animal, la cual ha sido empleada mayoritariamente a nivel reproductivo en pequeños rumiantes como la sincronización de celos o el aumento en la tasa de ovulación.

## **ABSTRACT**

Exogenous melatonin implants have traditionally been used as a mean of controlling the sexual cycle of small ruminants, to achieve off-season lambing, with higher lamb prices. However, they are currently being used in pregnant ewes to improve the productive performances of their lambs. They have also been applied directly to lambs during lactation, with a decrease in body temperature, a reduced locomotor activity, higher live weights and daily growth.

However, the optimal timing of melatonin implants in lambs during the lactation period remains to be determined.

Therefore, in this Final Degree Project, an experiment was carried out at the Faculty of Veterinary Medicine of the University of Zaragoza, with the main objective of determining the effects of melatonin implants placed at three different stages during the lactation of lambs (fifteen, thirty and forty-five days). The lambs were divided into four groups for the test, in which three of them were given two melatonin implants and the fourth was the control batch to compare the results with the others.

During the experiment, lambs were weighed at fifteen, thirty and forty-five days after birth to observe the effects of implant treatment on liveweight (LW), average daily gain (ADG) and conversion index (CI).

The lambs that received the implants at weaning (forty-five days), had a higher GMD and LW at slaughter than their group mates. It should be noted that Rasa Aragonesa lambs are weaned when they are forty-five days and are housed in feedlots until they reach slaughter weight (nearly twenty-four kg) at approximately ninety days.

To conclude, new applications are being developed in the use of exogenous melatonin as a tool in animal production, which has been mainly used at the reproductive level in small ruminants, such as synchronisation of oestrus or increasing ovulation rate.

## 2. INTRODUCCIÓN

### 2.1 Raza Rasa Aragonesa

El experimento se llevó a cabo con la raza ovina Rasa Aragonesa; se trata de una raza autóctona de la región aragonesa.

El Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) la caracteriza como una raza de fomento, la cual se encuentra mayoritariamente en la comunidad autónoma de Aragón, agrupando en el año 2023 un censo total de 263.120 cabezas inscritas en el libro genealógico, siguiendo la comunidad de Cataluña con un censo de 1.895 cabezas de ganado. Además se ha ido extendiendo a otras comunidades donde ha conseguido adaptarse. El censo total en España es de 268.380 cabezas inscritas en el año 2023 (MAPA 2023).

Su nombre “Rasa” se debe a su vellón corto característico de la raza, en comparación con la longitud de otras (Churra, Latxa). Su sobrenombre “Aragonesa” ya que es Aragón la comunidad autónoma donde mayor censo acoge. El origen proviene del *Ovis Aries Ligeriensis*, tipo ovino primitivo originado en Europa Central, que se extendió hacia la Cuenca del Loira, los Alpes franceses y suizos, etc. Esta agrupación ovina descendió a través de Francia, atravesó los Pirineos, acompañando a las penetraciones pirenaicas de indoeuropeos del siglo I A., y en su viaje hacia el sur de la península, se distribuyó por la Cuenca del Ebro, donde evolucionó según las zonas en función del ambiente para dar lugar a la Rasa aragonesa (RFAGAS 2023).

Se considera una raza muy rústica adaptándose a diferentes medios, siendo capaz de aprovechar pastos y climas desfavorables, por lo que es una ganadería sostenible con el medio rural. Destaca también su capacidad para producir tanto carne como leche, siendo su principal uso cárnico la producción de “Ternasco de Aragón”; cordero con un PV medio de 22,5 kg que permite una óptima finalización y una particular terneza y sabor, cuya calidad ha permitido una indicación geográfica protegida (IGP) de “Ternasco de Aragón” (MAPA, 2023).

La tasa de crecimiento en el primer mes de vida oscila entre 200 y 230 g/d, en función del sexo y forma de nacimiento, de los 30 a 90 días aumenta hasta 250-270 g, llegando a alcanzar pesos finales de 24 a 27 kg.

El manejo se basa en un sistema semi – extensivo o extensivo aprovechando los recursos medioambientales en épocas no reproductivas, a diferencia de los periodos de pariciones en los cuales se estabulan hasta el destete alimentándose mediante pienso concentrado y forrajes (MAPA, 2023). Los precios de este mercado cárnico dependen de la oferta de carne, siendo

más bajos cuando mayor oferta hay, coincidiendo con finales de primavera o principios de otoño (anestro estacional). Para conseguir productos durante el anestro y beneficiarse de los precios de mercado más altos, los ganaderos emplean los implantes de melatonina para inducir los ciclos estrales.

Para finalizar, cabe resaltar que a pesar de la resistencia y la rusticidad de la Rasa Aragonesa frente a múltiples variaciones medioambientales o competencias con otras razas en auge es relevante la conservación de esta raza.

## 2.2 La melatonina

La melatonina (N-acetil-5-metoxitriptamina) es producida en la glándula pineal y algunos tejidos extrapineales. El dermatólogo Aaron Lerner y sus colaboradores, quienes basaron sus estudios en experimentos realizados en 1917 por McCord y Allen (Lerner *et al.*, 1958) fueron quienes aislaron por primera vez en el año 1985 esta indolamina a partir de pinealocitos bovinos (Guerrero *et al.*, 2007).

La melatonina está presente en la mayoría de los seres vivos como bacterias, hongos, plantas, protozoos, invertebrados y vertebrados, incluyendo al hombre (Hattori *et al.*, 1995)

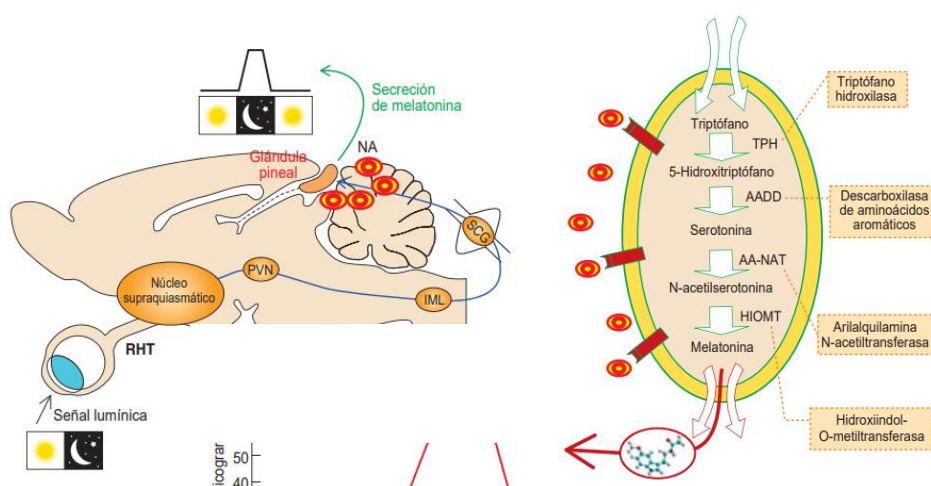
Su síntesis se lleva a cabo a partir del L-triptófano (aminoácido dietético) el cual en el interior celular es hidroxilado a nivel mitocondrial por la enzima triptófano-hidroxilasa (TPH), dando como producto de esta reacción el 5-hidroxitriptófano (5-HTP), que en el citosol se transforma en 5-hidroxitriptamina o serotonina, por efecto de la actividad de la descarboxilasa de aminoácidos aromáticos (AADC). Tras estas reacciones, la serotonina sufre un proceso de acetilación por la arilalquilamina-N-acetiltransferasa (AANAT) dando lugar a la formación de la N-acetilhidroxitriptamina, metabolito que es O-metilado por la hidroxiindol-O-metiltransferasa (HIOMT) produciendo finalmente la N-acetil-5-metoxitriptamina o melatonina (Sugden, 1989).

El principal lugar de síntesis de la melatonina es la glándula pineal, aunque también puede ser sintetizada por otros tejidos como la retina (Bubenik *et al.*, 1973; Iuvone *et al.*, 2005), glándula paratiroides (Bubenik *et al.*, 1973; Djeridane *et al.*, 2001), médula ósea (Conti *et al.*, 2000), intestino (Bubenik *et al.*, 1977; Bubenik, 2002), piel (Slominski *et al.*, 2007), hígado, riñones, adrenales, glándula tiroides, timo (Jimenez-Jorge *et al.*, 2005), epitelio pulmonar (Kvetnoy, 1999), células inmunes (Carrillo-Vico *et al.*, 2005), testículos (Tijmes *et al.*, 1996), páncreas,

cuerpo carotídeo, ovarios (Itoh *et al.*, 1997), placenta, endometrio (Fischer *et al.*, 2006;) y cerebro (Stefulj *et al.*, 2001). 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 *et al.*, 2003).

A partir de estudios fisiológicos y anatómicos, se constató que la síntesis de melatonina en mamíferos estaba controlada por la luz ambiental a través de una vía neural, segregándose mayor cantidad en las noches largas de invierno que en las noches cortas de verano. (Chowdhury *et al.*, 2008). El cambio en la duración de la secreción sirve como una señal de tiempo para la organización de las funciones estacionales dependientes de la longitud del día, como la reproducción, el comportamiento y el crecimiento del pelaje o la cuerna en mamíferos estacionales. (Revel *et al.*, 2007).

Esta transducción de información fotoperiódica es la función fisiológica más importante de la melatonina en los mamíferos. (Arendt, 1998).



**Figura 1.** En función de la duración del día, la liberación y duración de melatonina cambia, siendo los días cortos (invierno) cuando los picos de esta son más largos y los días largos (verano) cuando los picos de melatonina son cortos. La información de la luz es percibida por las células ganglionares de la retina y se proyectan en el núcleo supraquiasmático del hipotálamo, conectando este con la glándula pineal y controlando el ritmo de síntesis y liberación de melatonina. Esta se sintetiza a partir del triptófano pasando por 5-hidroxitriptófano, serotonina, N-acetilserotonina dando lugar a la melatonina. (Adaptado de Guerrero *et al.*, 2007)



## 2.3 Efectos de la melatonina

Este compuesto ejerce numerosas acciones biológicas destacando entre ellas:

- Efecto sincronizador del metabolismo con el ritmo circadiano: la mayoría de los animales poseen un ritmo circadiano en numerosos de sus procesos biológicos, fisiológicos y de comportamiento. En los mamíferos el control del ritmo circadiano es ejercido por el reloj endógeno principal, situado en el núcleo supraquiasmático; sincronizado por los niveles lumínicos ambientales percibidos por la retina, extendiendo su sincronización al resto del organismo mediante la síntesis rítmica de la melatonina (Guerrero *et al.*, 2007).
- Efecto antitumoral: desde 1969 se han hecho numerosos experimentos con tumores (espontáneos o inducidos) en rata, ratones y hámster, observándose que la melatonina ralentiza el crecimiento del tumor y prolonga la supervivencia principalmente en cánceres dependientes de hormonas reproductoras (tumor de mama o de ovario). Además también ejerce un importante papel como adyuvante en tratamientos antitumorales con agentes quimioterapéuticos (Guerrero *et al.*, 2007).
- Efecto regulador sobre la reproducción: la melatonina es un estímulo progonadotrófico en pequeños rumiantes ya que son reproductores de días cortos (Abecia *et al.*, 2012). En las especies estacionales como es el ovino, el fotoperiodo regula la reproducción, garantizando el nacimiento en las épocas del año más favorables (Revel *et al.*, 2007). Se han llevado a cabo numerosos experimentos con el hámster sirio para determinar el sistema fotoneuroendocrino ya que es un modelo estacional cuya actividad sexual es incentivada por los días largos de verano y disminuida/inhibida en los cortos.
- Efecto sobre el envejecimiento: debido a que la síntesis de melatonina no es constante a lo largo de la vida. En el individuo adulto la concentración nocturna de melatonina disminuye de manera paulatina, por ello la melatonina podría estar relacionada como causa o como efecto en el envejecimiento. Esto se descubrió cuando varios investigadores observaron que la administración de esta hormona a roedores adultos prolongaba su vida alrededor de un 10 y un 15%.

Aunque no hay suficientes datos para afirmar que la melatonina es un agente rejuvenecedor, muchas de sus acciones repercuten de forma beneficiosa. (Guerrero *et al.*, 2007).

- Efecto inmunomodulador: para verificar esta hipótesis se realizó un experimento que consistió en inocular en ratones el virus de la encefalopatía del mono verde africano, el cual en condiciones de inmunosupresión desarrolla una elevada mortalidad. Al administrar melatonina se observó que los efectos inmunodepresores disminuían y por consecuente también la mortalidad (Guerrero *et al.*, 2007). Varios estudios demuestran que hay una asociación entre la influencia de la melatonina en el sistema inmune y el fotoperiodo. Un patrón nocturno de síntesis de melatonina mejora la función inmune para proteger contra condiciones climáticas difíciles, cuando la temperatura desciende significativamente y la escasa disponibilidad de alimentos podría comprometer la salud animal (Nelson *et al.*, 1999).
- Efecto en la calidad de la leche y el crecimiento de los corderos: los experimentos realizados por (Luis *et al.*, 2002), implantando melatonina a los 90 días de gestación demostraron un mejor rendimiento de los corderos, observando un mayor crecimiento diario en comparación con los corderos de madres que no habían sido tratadas. Por otro lado, en el mismo experimento, el lote de ovejas tratadas presentó un elevado porcentaje de grasa en la leche durante toda la lactación, y niveles constantes de lactosa y proteína; a diferencia del lote de ovejas no tratadas, en el que se observó un descenso significativo de grasa y un aumento significativo de proteína, indicando por ello una menor producción de leche, ya que se ha descrito una relación inversa entre la producción de leche y el contenido en proteína en la oveja (Assan, 2015).

## 2.4 Implantes de la melatonina

Las ovejas tienen un ritmo reproductivo estacional que depende de la duración de la luz del día. La actividad sexual se manifiesta, dependiendo de la raza, cuando los días se vuelven más cortos (otoño).

Con el objetivo de controlar la reproducción de los pequeños rumiantes se desarrolló el implante de melatonina, el cual libera melatonina, consiguiendo una concentración plasmática suficientemente alta durante un periodo de 70-90 días simulando un acortamiento de los días

(días cortos). El implante se coloca en la base de la oreja y no necesita ser retirado ya que es biodegradable.

Este método hormonal está aumentando su uso considerablemente en los últimos años, mejorando así la fertilidad en épocas desfavorables y demostrando ser un tratamiento sencillo y rentable. Su uso está permitido tanto en ovejas como en corderos y carneros consiguiendo diferentes efectos en ellos. Por otro lado no presenta periodo de supresión ni en especies cárnicas ni en especies lecheras.



***Figuras 2 y 3. Implante de melatonina y pistola para implantarlo.***

Los primeros trabajos para la utilización de la melatonina exógena en el control de la actividad reproductiva fueron realizados en ovejas determinando la eficacia de la vía de administración. Así, se investigó la administración por vía oral o mediante dispositivos intravaginales, inyecciones diarias, e incluso bolos solubles intrarruminales.

Pero la inserción de implantes subcutáneos se mostró como la vía más eficaz para su aplicación en pequeños rumiantes ya que garantiza una liberación continua y requiere muy poca

intervención sobre el animal (Gatica *et al.*, 2012). Cada implante contienen 18 mg de melatonina y permite mantener unas concentraciones de esta hormona en sangre de 100-300 pg/ml durante al menos unas 10 semanas.

## 2.5 Crecimiento de corderos respecto a la melatonina

Cabe destacar que, durante las primeras semanas de vida los corderos presentan una inmadurez de la glándula pineal y por ello sus niveles endógenos de melatonina se encuentran disminuidos y arrítmicos (Nowak *et al.*, 1990). Para ello la suplementación materna puede administrar melatonina al feto antes del nacimiento, ya que esta es capaz de atravesar libremente la barrera hematoencefálica y difundirse por la placenta ovina (Aly *et al.*, 2015).

En la actualidad, se piensa que el ritmo natural de la melatonina tiene una ventana de tiempo para llevarse a cabo, ya que los neonatos de varias especies carecen de la secreción rítmica de melatonina (Li *et al.*, 2021). En los corderos, una elevada exposición de melatonina en las primeras etapas de la vida produce alteraciones evidentes a la hora de la transición fetal a neonatal (Seron-Ferre *et al.*, 2017).

El hecho de administrar melatonina durante la gestación ha hecho que se plantee un papel importante en la producción de tejido adiposo marrón (TAM) y en la termorregulación del recién nacido (Seron-Ferre *et al.*, 2015), ya que depósitos insuficientes de TAM pueden contribuir a la muerte del cordero en las primeras 12 horas tras el nacimiento por hipotermia, debido a la incapacidad de generar termogénesis, lo que puede llevar a cabo a la inanición (Sales *et al.*, 2017).

Cabe destacar que, además de la posible participación de la melatonina, hay una amplia serie de factores que interactúan con la tasa de crecimiento del cordero como: el peso vivo, la condición corporal de la oveja, la capacidad de ordeño de la oveja, la calidad y cantidad del pasto y/o alimentación y, la capacidad genética del cordero para crecer (Muir *et al.*, 2003). Estos datos hacen pensar que es posible que haya una asociación entre los implantes de melatonina y el crecimiento de los corderos, posiblemente asociado a múltiples factores.

Del mismo modo en que la reproducción de las ovejas se ve influenciada por el reloj circadiano, también lo está el metabolismo y el crecimiento (Li *et al.*, 2021), por ello, en la actualidad se están realizando estudios en los que se observan mejoras en los rendimientos de corderos tanto nacidos de ovejas implantadas con melatonina como de los propios corderos implantados.

### **3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS**

A partir de conocimientos y resultados de experimentos anteriores sobre la aplicación de la melatonina exógena a corderos en crecimiento y sus efectos beneficiosos en numerosos seres vivos, además de los efectos en la reproducción de pequeños rumiantes, el principal objetivo de este trabajo es, determinar el efecto de los implantes de melatonina colocados en tres momentos diferentes a lo largo de la lactación de los corderos (15, 30 y 45 d de edad) sobre sus rendimientos en el cebo, desde el destete hasta el sacrificio, midiendo y relacionando los datos obtenidos tanto de su PV como de los ritmos diarios de crecimientos en el cebadero.

El objetivo fue, estudiar y determinar el momento idóneo para la colocación de los implantes de melatonina en el periodo de crecimiento de los corderos, a partir de los resultados obtenidos en el ensayo, teniendo en cuenta el PV, la GMD y el IT.

### **4. MATERIAL Y MÉTODOS**

Este experimento se llevó a cabo en la granja del Servicio de Experimentación Animal de la Universidad de Zaragoza, en la Facultad de Veterinaria. Todas las prácticas realizadas fueron aprobadas bajo el comité de ética según el Real Decreto 53/2013 sobre protección de animales de experimentación, teniendo también en cuenta la Directiva 2010/63 de la Unión Europea sobre la protección de animales utilizados para fines experimentales y/o científicos.

Se utilizaron un total de 44 corderos (28 hembras y 16 machos) de raza Rasa Aragonesa, nacidos en diciembre, de 31 ovejas cuyo celo fue sincronizado en julio mediante esponjas vaginales (30 mg de acetato de fluogestona, Sincropart, CEVA Salud Animal, Barcelona,) las cuales se dejaron durante 12 días. Estas ovejas no fueron implantadas con melatonina, a diferencia de sus corderos, a los cuales se les implantó melatonina (dos implantes) a los 15, 30 y 45 d de edad, manteniendo un grupo control los cuales no se implantaron.

- Grupo 15: implantados con melatonina a los 15 d de edad (n=14 )
- Grupo 30: implantados con melatonina a los 30 d de edad (n=10 )
- Grupo 45: implantados con melatonina a los 45 d de edad (n=10 )
- Grupo 0: no se han implantado, sirven de control (n=10 )

	DÍAS	SEXO		TOTAL
		MACHOS	HEMBRAS	
TRATAMIENTO	0	3	7	10
	15	6	8	14
	30	3	7	10
	45	4	6	10
TOTAL		16	28	44

**Tabla 1.** Número de corderos utilizados en el experimento sobre el efecto de los implantes de melatonina durante la lactación de corderos sobre sus rendimientos en el cebadero.

#### 4.1 Colocación de implantes

Una vez identificados los corderos en función de los lotes a los que pertenecen y creadas las hojas de control de registros se procedió a implantarlos.

Se realizaba a primera hora de la mañana en la nave del experimento. Para ello se separaban a los corderos de las madres para poder facilitar el manejo y trabajar mejor, se pesaban los corderos y se implantaban en función del lote correspondiente (15,30 y 45d).



**Figuras 3 y 4.** Colocación de los implantes de melatonina en la base de la oreja de los corderos.

Desde el destete a los 45 d de edad, hasta los 90 d de edad, los diferentes lotes de corderos permanecieron separados en cuatro grupos, dentro de la misma nave, en lotes de 25 m<sup>2</sup>.

Fueron alimentados con un pienso concentrado para cebo de corderos (Cadecor-2, Agrovenco, Zaragoza) (14,8% PB) y paja de cebada ad libitum.

Durante la lactación se registraron los PV, tanto de los corderos al nacer (PV0), a los 15 d (PV15), a los 30 d (PV30) y a los 45 d (PV45). Después del destete como se ha mencionado anteriormente, los corderos pasaron a la fase de cebo o engorde y también se registraron los PV a los 60 d (PV60), 75 d (PV75) y a los 90 d (PV90). (Gráfica 1).

Posteriormente se calculó la GMD desde el nacimiento hasta 15 d (GMD 0-15), hasta los 30 d (GMD 0-30) y hasta los 45 d (GMD 0-45) y, en el período de engorde, desde el destete hasta los 60 d (GMD 45-60), a los 75 d (GMD 45-75) y a los 90 d (GMD 45-90). (Gráfica 2).

Al final del período de engorde, se pesaron los residuos de concentrado y se calculó la cantidad total de concentrado consumido por grupo, y se calculó el IT (kg de concentrado consumido/kg de PV ganado). (Tabla 3).

#### 4.1 Análisis estadístico

El experimento se basa en un diseño factorial 4 x 2 siendo el tratamiento con melatonina de los corderos y el sexo de estos (macho/hembra) efectos fijos.

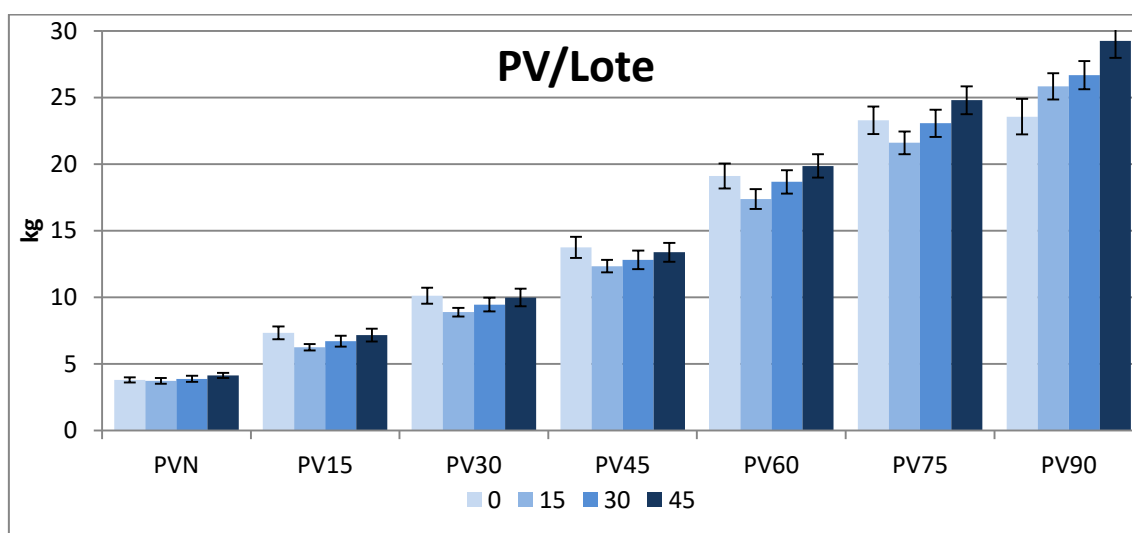
Los efectos del tratamiento sobre los PV, la GMD y el IT se evaluaron estadísticamente mediante el GLM PROC (SPSS v. 26) en un modelo que incluía el tratamiento con melatonina de los corderos, el sexo y su interacción. Los resultados se expresan como media  $\pm$  ES, y el nivel de significación estadística se fijó en  $P < 0,05$ .

## 5. RESULTADOS Y DISCUSION

Las edades reales de los corderos de los diferentes lotes se muestran en la tabla 2.

	LACTACIÓN				CEBO		
	n	d 15	d 30	d 45 (destete)	d 60	d 75	d 90
0	10	15,6±1,2	29,6±1,2	47,6±1,2	62,6±1,2	77,6±1,2	92,6±1,2
15	14	13,9±0,3	27,9±0,3	45,9±0,3	60,9±0,3	75,9±0,3	90,9±0,3
30	10	14,0±0,5	28,0±0,5	46,0±0,5	61,0±0,5	76,0±0,5	91,0±0,5
45	10	14,7±0,3	28,7±0,3	46,7±0,3	61,7±0,3	76,7±0,3	91,7±0,3

**Tabla 2.** Edad media ( $\pm$ ES) real de los diferentes lotes de corderos a lo largo de la lactación y cebo en función del momento en el que se les implantó la melatonina (15, 30, 45 d).

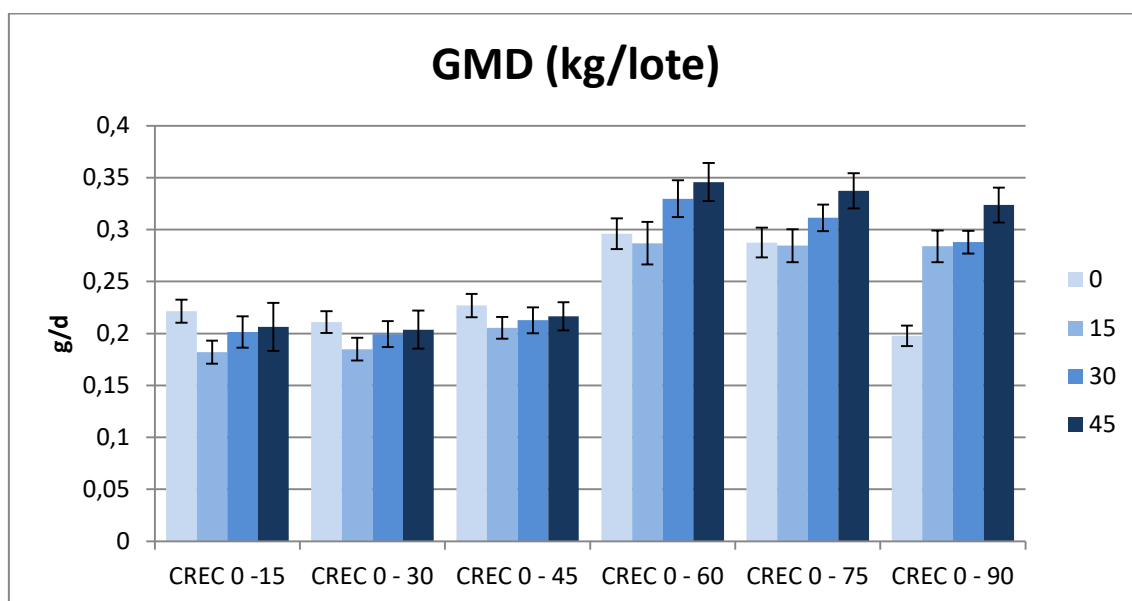


**Gráfica 1.** Peso vivo medio (kg) ( $\pm$ ES) de los corderos desde el nacimiento hasta los 15 d, 30 d y 45 d de edad (periodo de lactación), y desde el destete (45 días) hasta los 60 días, 75 días y 90 días de edad (periodo de engorde). Los cuales han recibido implantes de melatonina 15 d, 30 d o 45 d después del nacimiento.



Los implantes de melatonina en los corderos no tuvieron un efecto significativo sobre el peso durante la lactación como se observa en la gráfica 1; sin embargo, al final del periodo de engorde, a los 90 días de edad, los corderos que habían recibido dos implantes de melatonina tuvieron aumento de peso significativamente PC ( $P<0,05$ ). Concretamente, como se puede observar mayor a los 45 días de edad que los corderos de los otros cuatro grupos.

Los corderos de los grupos 15 y 30 presentaron a los 90 días un peso significativamente superior ( $P<0,05$ ) al de los corderos no implantados del grupo control. (Gráfica 1).



**Gráfica 2.** Ganancia media ( $\pm ES$ ) diaria (GMD, kg/d) de corderos desde el nacimiento hasta los 15 d, 30 d y 45 d de edad (periodo de lactación), y desde el destete (45 días) hasta los 60 d, 75 d y 90 d de edad (periodo de engorde), los cuales han recibido implantes de melatonina 15 d, 30 d o 45 d después del nacimiento.

Durante la lactación y hasta el destete, los corderos de los cuatro grupos crecieron a tasas similares, y los implantes de melatonina no tuvieron efectos sobre la GMD. (Gráfica 2).

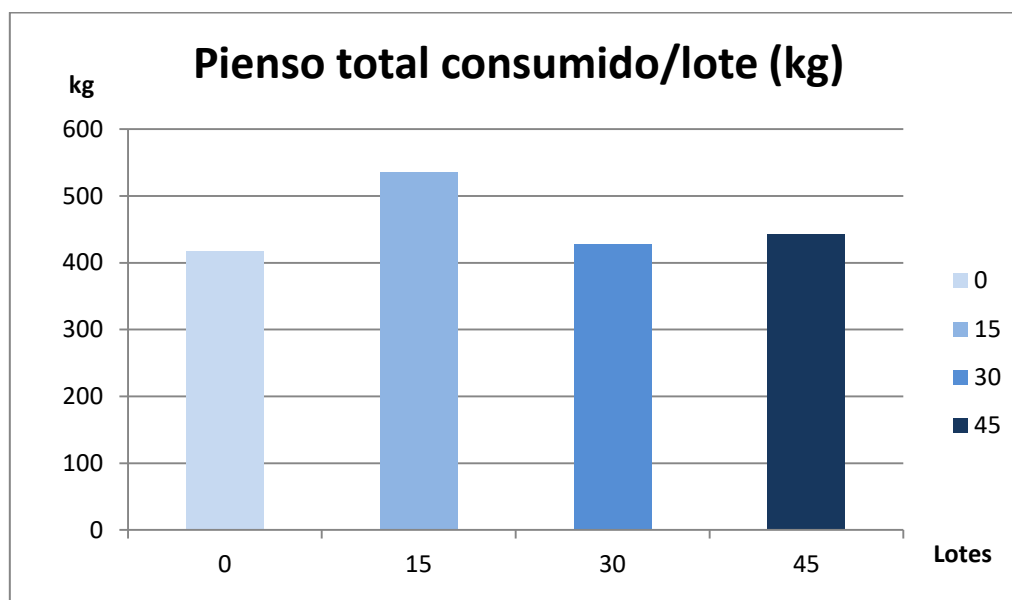
En el periodo de engorde, la GMD 0-60 difirió significativamente ( $P<0,05$ ) entre los grupos 15 y 45 y la GMD 0 – 75 difirió significativamente ( $P<0,05$ ) entre los grupos 30 y 45 y el grupo 0. Además, la GMD 0-90 fue significativamente ( $P<0,05$ ) mayor en los corderos que habían recibido dos implantes de melatonina a los 45 d de edad que en los otros grupos.

Por otro lado, cabe destacar que la interacción entre el sexo del cordero y el tratamiento con melatonina no tuvo un efecto significativo en el peso vivo ni en el peso vivo total.

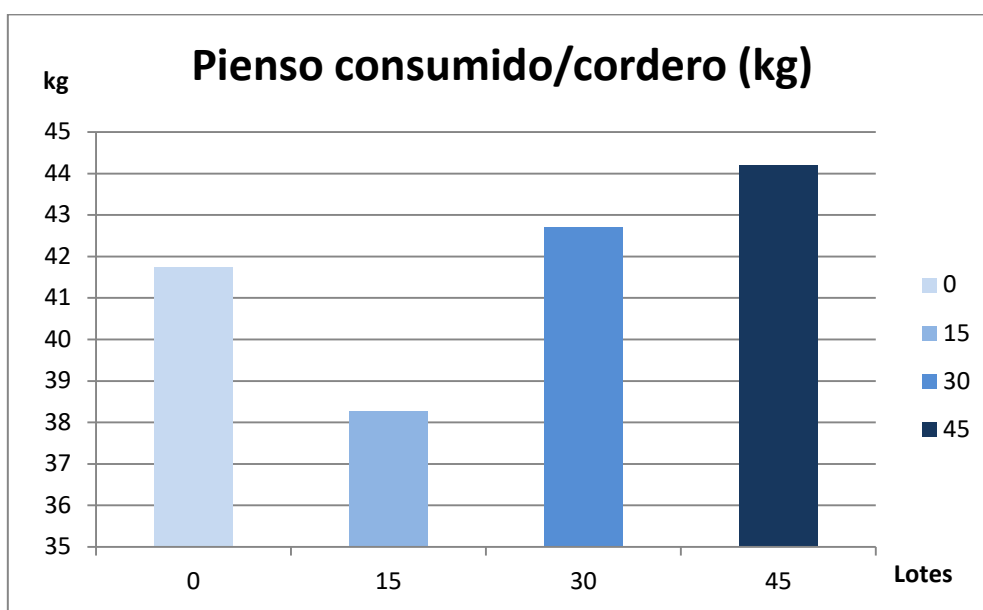
Los corderos de los tres grupos que habían recibido implantes de melatonina pusieron significativamente ( $P<0,05$ ) más kg que los corderos control y, en particular, que los corderos del grupo 45, lo que se tradujo en índices de conversión alimenticia significativamente ( $P<0,05$ ) más bajos en los corderos tratados (Tabla 3).

	0	15	30	45
Pienso total consumido	417,30	535,75	427,10	441,85
Corderos totales	10	14	10	10
Pienso consumido/cordero (Kg)	41,73	38,26	42,71	44,19
Peso total engordado (kg)	8,90±0,66	12,78±0,74	12,96±0,52	14,57±0,81
Índice de conversión	4,93±0,35	3,12±0,18	3,34±0,13	3,11±0,17

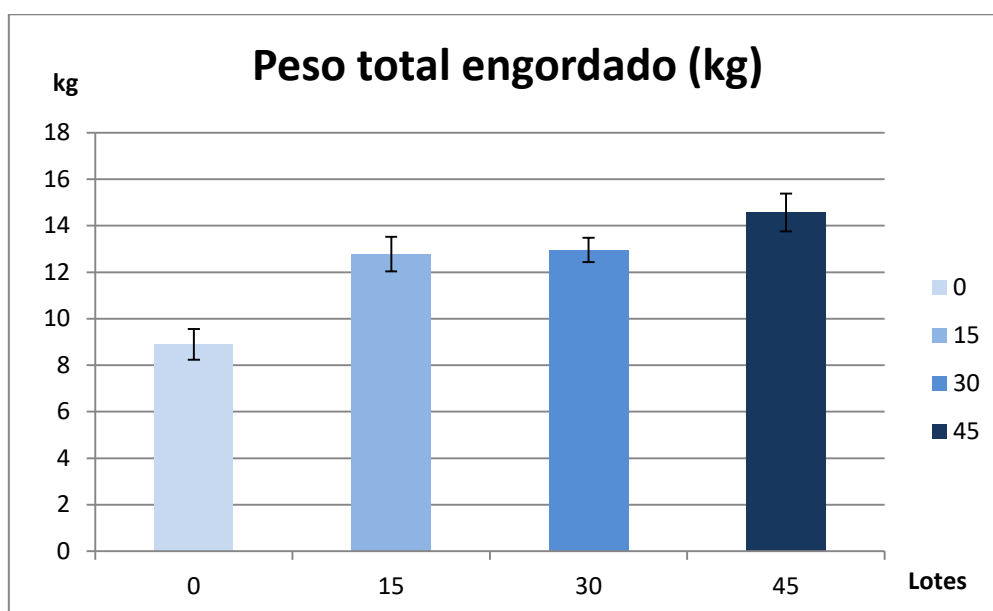
**Tabla 2:** Pienso total consumido por los diferentes lotes y pienso consumido por cordero (kg) durante el periodo de engorde; y la media ( $\pm ES$ ) del peso total engordado (kg), e índice de conversión alimenticia de los corderos Rasa Aragonesa los cuales han recibido dos implantes de melatonina después del nacimiento (15d, 30d y 45d).



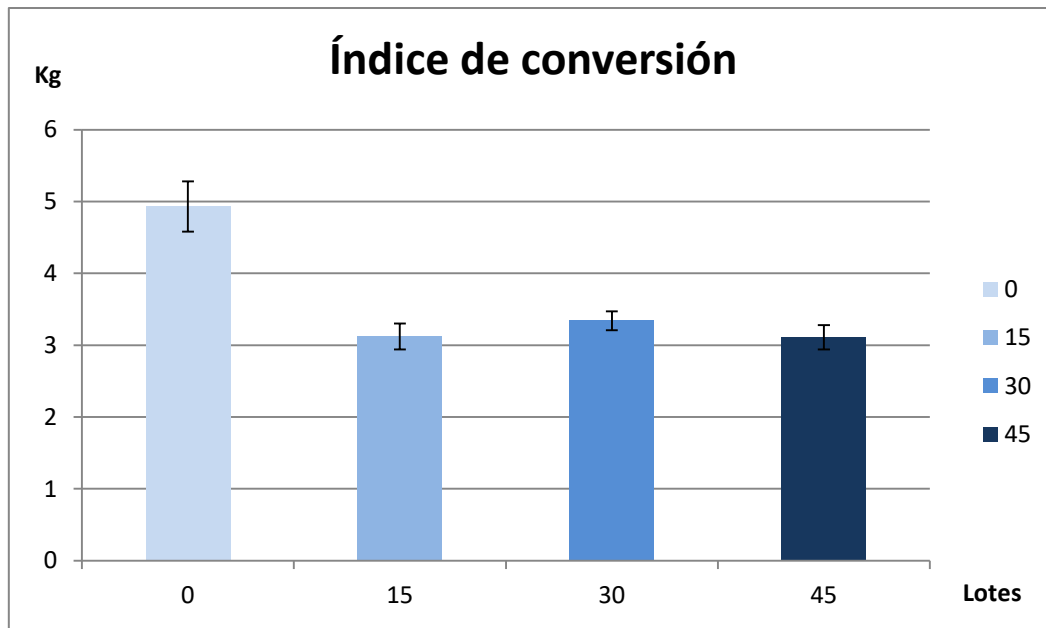
**Gráfica 3.** Pienso consumido durante la experiencia por parte de cada uno de los lotes de corderos Rasa Aragonesa los cuales han recibido dos implantes de melatonina después del nacimiento (15d, 30d y 45d).



**Gráfica 4.** Pienso consumido por cordero durante la experiencia de los corderos Rasa Aragonesa los cuales han recibido dos implantes de melatonina después del nacimiento (15d, 30d y 45d).



**Gráfica 5** Peso medio ( $\pm$ ES) engordado por los corderos Rasa Aragonesa los cuales han recibido dos implantes de melatonina después del nacimiento (15d, 30d y 45d).



**Gráfica 6.** Índice de conversión medio ( $\pm$ ES) de los corderos Rasa Aragonesa los cuales han recibido dos implantes de melatonina después del nacimiento (15d, 30d y 45d).

Abecia et al (2021) documentaron que los corderos machos criados por ovejas que recibieron un tratamiento con melatonina inmediatamente después del parto tenían un peso vivo significativamente mayor en las semanas 2, 3 y 4 que los corderos machos criados por ovejas control. Los mecanismos subyacentes al efecto sobre los corderos machos siguen siendo desconocidos. Wallace et al. (2014) descubrieron que, en el momento del parto, el sexo del cordero tenía un efecto significativo en la expresión del tejido adiposo; concretamente, los corderos hembra tenían niveles más bajos de los genes de los factores de crecimiento similares a la insulina y de la lipasa hormono-responsiva ARNm que los corderos macho.

Los estudios publicados sobre los efectos directos de la melatonina exógena en corderos son limitados. En otro estudio, 24 h después del nacimiento se implantaron corderos criados por su madre o criados artificialmente (Abecia et al. 2021), lo que no tuvo un efecto significativo sobre el PV hasta el destete ni sobre el GAD. Ma et al. (2022) trataron a corderos de 2 meses con melatonina, que crecieron más rápido y tuvieron un LW más alto que los corderos de control. Además, sugirieron que la melatonina podría haber mejorado la microflora ruminal de los corderos, aumentando la absorción de nutrientes y el tamaño de las células musculares y adiposas.

Por otro lado, se ha demostrado que los implantes de melatonina administrados a corderos de engorde a los 30 d de edad aumentaron significativamente las tasas de crecimiento (Viola et al. 2023), lo que sugiere que esos corderos mejoraron el factor de conversión del alimento, probablemente, debido a una reducción en el metabolismo de los corderos tratados, como lo indica la reducción de la temperatura corporal y la actividad locomotora de esos animales. La locomoción es una gran parte del presupuesto energético de los mamíferos (Bertram, 2016) y una pequeña disminución de la temperatura corporal aumenta la tasa metabólica, por lo tanto, la disminución inducida por la melatonina en la temperatura y la actividad locomotora en ese experimento probablemente contribuyó a la reducción en la cantidad de alimento concentrado consumido por los corderos tratados. En otro estudio, los tratamientos con melatonina redujeron significativamente la producción de calor en pollos de engorde de 2 y 3 semanas y mejoraron el factor de conversión del alimento, especialmente en los pollos más jóvenes, lo que sugiere que la melatonina reduce la producción de calor al disminuir la temperatura corporal y regular la liberación de calor (Zeman et al. 2001).

## **6. CONCLUSIONES**

En conclusión, la administración de melatonina a corderos tras el destete (15d, 30d y 45d), dio lugar a corderos con un mayor peso vivo y una mayor ganancia media diaria en el sacrificio en comparación con el lote control, al cual no se le había implantado la hormona. Hay que destacar que los corderos de la Rasa Aragonesa se destetan a los 45 días y se mandan a cebaderos hasta que alcanzan el peso óptimo de sacrificio (aproximadamente 24 Kg), siendo esto a los 90 d.

## **CONCLUSIONS**

In conclusion, the administration of melatonin to lambs after weaning (fifteen, thirty and forty-five days), resulted in lambs with a higher LW and higher ADG when slaughtered compared to the control group, which did not receive the hormonal implant. It should be noted that the Rasa Aragonesa elbow lambs are weaned at forty-five days and sent to feedlots until they reach the optimum slaughter weight (approximately twenty-four kg), which is at ninety days.

## 7. VALORACIÓN PERSONAL

Aun siendo una asignatura más de la carrera no cabe duda de que es totalmente diferente a lo anterior. Además, en este momento influye la incertidumbre de acabar el grado y enfrentarse a la vida laboral, comenzando nuevas etapas y con ello nuevas metas, dejando atrás todo lo vivido en lo que todo el mundo recuerda como los mejores años de su vida. Es inevitable no pensar en todo ello, pero creo que acabar con un trabajo experimental sobre un tema que te guste como, en mi caso el ganado ovino, es la mejor forma de cerrar esta etapa.

Este trabajo me ha permitido entender y comprender de manera más específica la implicación de la melatonina en el mundo del ovino, desde su definición fisiológica como hormona hasta todos los efectos que ejerce sobre los pequeños rumiantes. Aunque principalmente me he centrado en mi experimento, el efecto que ejerce esta hormona sobre el crecimiento de los corderos; también me ha permitido aprender la importancia que ejerce la melatonina sobre la calidad de la leche, ya que a la vez que hacía mi ensayo, mi compañera hacía el suyo con implantes de melatonina en ovejas.

Por otro lado, quiero destacar la importancia del manejo del ganado, ya sea por parte del ganadero como por parte del veterinario. Ya que considero que para ser un buen veterinario hay que saber manejar adecuadamente al ganado. En mi caso, he estado rodeada e involucrada en el mundo ovino y caprino desde mi infancia, puesto que mi padre ha continuado con una generación más de ganaderos en la familia. Esto me ha permitido ser una de las pocas afortunadas en conocer este mundo muy de cerca, aprendiendo y creciendo cada día; pero sobre todo transmitiéndome todos sus conocimientos y experiencias vividas. Consiguiendo que cada día me guste más y más esta especie, a la que si todo sigue su cauce me gustaría dedicarme como veterinaria.

Finalmente, quiero agradecer en primer lugar a mi tutor Alfonso Abecia por dirigirme el trabajo, resolverme cualquier duda y aprender de sus conocimientos dada su experiencia en este ámbito. Por otro lado, agradecer a los trabajadores del SEA por mantener al ganado y ayudarnos en todo momento, al igual que a Francisco Canto por acudir cada día del ensayo a ayudar y compartir momentos de aprendizaje. Por último, como no olvidarme de mi día a día, mi familia por apoyarme a conseguir mi sueño desde pequeña, a mis amigas que me han acompañado estos cinco años maravillosos y los han hecho únicos; y a Pablo, por aguantarme, apoyarme y aconsejarme como nadie. Gracias a todos ellos por compartir lo que hago y hacerlo suyo también.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Abecia, J. A., Luis, S., & Canto, F. (2021). Implanting melatonin at lambing enhances lamb growth and maintains high fat content in milk. *Veterinary Research Communications*, 45(4), 181-188.
- Abecia, J. A., Valares, J. A., Forcada, F., Palacin, I., Martin, S., & Martino, A. (2007). The effect of melatonin on the reproductive performance of three sheep breeds in Spain. *Small Ruminant Research*, 69(1-3), 10-16.
- Aly, H., Elmahdy, H., El-Dib, M., Rowisha, M., Awny, M., El-Gohary, T., Elbatch, M., Hamisa, M. y El-Mashad, A.R. (2015). "Melatonin use for neuroprotection in perinatal asphyxia: a randomized controlled pilot study". *Journal of Perinatology*, 35(3), pp. 186–91. DOI: 10.1038/jp.2014.186
- Arendt J. (1998). Melatonin and the pineal gland: influence on mammalian seasonal and circadian physiology. *Reviews of reproduction*, 3(1), 13–22.
- Assan, N. (2015). Consecuencias de la etapa de lactancia sobre el rendimiento y la composición de la leche en ovejas. *Revista Científica de Ciencias Puras y Aplicadas*, 4 (1), 1-6.
- Bertram JEA (2016) 'Understanding mammalian locomotion: concepts and applications.' (Wiley-Blackwell, Hoboken, NJ) pp. 436.
- Bubenik G. A. (2002). Gastrointestinal melatonin: localization, function, and clinical relevance. *Digestive diseases and sciences*, 47(10), 2336–2348.
- Bubenik, G. A., Brown, G. M., & Grota, L. J. (1977). Immunohistological localization of melatonin in the rat digestive system. *Experientia*, 33(5), 662–663.
- Bubenik, G. A., Brown, G. M., Uhler, I., & Grota, L. J. (1974). Immunohistological localization of N-acetylindolealkylamines in pineal gland, retina and cerebellum. *Brain research*, 81(2), 233–242.
- Carrillo-Vico, A., Guerrero, J. M., Lardone, P. J., & Reiter, R. J. (2005). A review of the multiple actions of melatonin on the immune system. *Endocrine*, 27(2), 189–200. <https://doi.org/10.1385/ENDO:27:2:189>



- Conti, A., Conconi, S., Hertens, E., Skwarlo-Sonta, K., Markowska, M., & Maestroni, J. M. (2000). Evidence for melatonin synthesis in mouse and human bone marrow cells. *Journal of pineal research*, 28(4), 193–202.
- Chowdhury, I., Sengupta, A., y Maitra, S.K. (2008). “Melatonin: fifty years of scientific journey from the discovery in bovine pineal gland to delineation of functions in human”. *Indian Journal of Biochemistry & Biophysics*. 45. pp. 289-304. Disponible en: <http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/2370/1/IJBB%2045%285%29%20289-304.pdf> [Consultado: 11-04-2021]
- Djeridane, Y., & Touitou, Y. (2001). Melatonin synthesis in the rat harderian gland: age- and time-related effects. *Experimental eye research*, 72(4), 487–492.
- Fischer, T. W., Sweatman, T. W., Semak, I., Sayre, R. M., Wortsman, J., & Slominski, A. (2006). Constitutive and UV-induced metabolism of melatonin in keratinocytes and cell-free systems. *FASEB journal : official publication of the Federation of American Societies for Experimental Biology*, 20(9), 1564–1566.
- Gatica, M. C., Celi, I., Guzmán, J. L., & Zarazaga, L. A. (2012). Utilización de fotoperiodo e implantes de melatonina para el control de la reproducción en caprinos Mediterráneos. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 13(10), 1-15.
- Guerrero, J. M., Carrillo-Vico, A., & Lardone, P. J. (2007). La melatonina. *Investigación y ciencia*, 373, 30-38.
- Hattori, A., Migita, H., Iigo, M., Itoh, M., Yamamoto, K., Ohtani-Kaneko, R., Hara, M., Suzuki, T., & Reiter, R. J. (1995). Identification of melatonin in plants and its effects on plasma melatonin levels and binding to melatonin receptors in vertebrates. *Biochemistry and molecular biology international*, 35(3), 627–634.
- Itoh, M. T., Ishizuka, B., Kudo, Y., Fusama, S., Amemiya, A., & Sumi, Y. (1997). Detection of melatonin and serotonin N-acetyltransferase and hydroxyindole-O-methyltransferase activities in rat ovary. *Molecular and cellular endocrinology*, 136(1), 7–13.
- Iuvone, P. M., Tosini, G., Pozdeyev, N., Haque, R., Klein, D. C., & Chaurasia, S. S. (2005). Circadian clocks, clock networks, arylalkylamine N-acetyltransferase, and melatonin in the retina. *Progress in retinal and eye research*, 24(4), 433–456.

- Jimenez-Jorge, S., Jimenez-Caliani, A. J., Guerrero, J. M., Naranjo, M. C., Lardone, P. J., Carrillo-Vico, A., Osuna, C., & 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.
- Kvetnoy I. M. (1999). Extrapineal melatonin: location and role within diffuse neuroendocrine system. *The Histochemical journal*, 31(1), 1–12.
- Lerner, A.B., Case, J.D., Takahashi, Y., Lee, T.H., y Mori, W. (1958). "Isolation of melatonin, the pineal gland factor that lightens melanocytes". *Journal of the American Chemical Society* 80, p. 2587.
- Li, H., Li, K., Zhang, K., Li, Y., Gu, H., Liu, H., Yang, Z. y Cai, D. (2021). "The Circadian Physiology: Implications in Livestock Health". *International Journal of Molecular Sciences*, 22(4), pp. 2111. DOI: 10.3390/ijms22042111
- Luis, S., Canto, F., & Abecia, J. A. (2022). Implantar melatonina al parto mejora la calidad de la leche y el crecimiento de los corderos de la oveja Rasa Aragonesa. *MG Mundo ganadero*, 33(309), 26-29.
- Ma W, Wu H, Li G, Yan L, Wang L, Zhao M, Guan S, Xu S, Guo X, Liu F, Ji P, Wusiman A, Liu G (2022) Melatonin promotes the growth and development of lambs by increasing growth hormone and testosterone, targeting on apoptosis signaling pathway and intestinal microflora. *Frontiers in Endocrinology* 13, 966120. doi.org/10.3389/fendo.(2022)966120
- Muir, P.D., Smith, N.B. y Lane, J.C. (2003). "Maximising lamb growth rate-just what is possible in a high performance system". *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, 65, pp. 61-63. DOI: 10.33584/jnzg.2003.65.2520
- Nelson, R. J., & Drazen, D. L. (1999). Melatonin mediates seasonal adjustments in immune function. *Reproduction, nutrition, development*, 39(3), 383–398.
- Nowak, R., Young, I.R., y McMillen, I.C. (1990). "Emergence of the diurnal rhythm in plasma melatonin concentrations in newborn lambs delivered to intact or pinealectomized ewes". *Journal of endocrinology*, 125(1), pp. 97-102. DOI: 10.1677/joe.0.1250097
- Reiter, R. J., & Tan, D. X. (2003). What constitutes a physiological concentration of melatonin?. *Journal of pineal research*, 34(1), 79–80.

- Revel, F. G., Ansel, L., Klosen, P., Saboureau, M., Pévet, P., Mikkelsen, J. D., & Simonneaux, V. (2007). Kisspeptin: a key link to seasonal breeding. *Reviews in endocrine & metabolic disorders*, 8(1), 57–65.
- Abecia, J. A., Forcada, F., & González-Bulnes, A. (2012). Hormonal control of reproduction in small ruminants. *Animal reproduction science*, 130(3-4), 173–179.
- Sales, F., Parraguez, V.H., McCoard, S., Cofré, E., Peralta, Ó.A. y Subiabre, I. (2017). “Fetal brown fat deposition is increased by melatonin implants in sheep”. *Journal of Animal Science*, 95, pp. 152–153. DOI: 10.2527/asasann.2017.308
- Seron-Ferre, M., Torres-Farfan, C., Valenzuela, F.J., Castillo-Galan, S., Rojas, A., Mendez, N., Reynolds, H., Valenzuela, G.J. y Llanos, A.J. (2017). “Deciphering the function of the blunt circadian rhythm of melatonin in the newborn lamb: impact on adrenal and heart”. *Endocrinology*, 158(9), pp. 2895-2905. DOI: 10.1210/en.2017-00254
- Seron-Ferre, M., Torres-Farfan, C., Valenzuela, F.J., Castillo-Galan, S., Rojas, A., Mendez, N., Reynolds, H., Valenzuela, G.J. y Llanos, A.J. (2017). “Deciphering the function of the blunt circadian rhythm of melatonin in the newborn lamb: impact on adrenal and heart”. *Endocrinology*, 158(9), pp. 2895-2905. DOI: 10.1210/en.2017-00254
- Slominski, A., Tobin, D. J., Zmijewski, M. A., Wortsman, J., & Paus, R. (2008). Melatonin in the skin: synthesis, metabolism and functions. *Trends in endocrinology and metabolism*: TEM, 19(1), 17–24.
- Stefulj, J., Hörtnner, M., Ghosh, M., Schauenstein, K., Rinner, I., Wölfler, A., Semmler, J., & Liebmann, P. M. (2001). Gene expression of the key enzymes of melatonin synthesis in extrapineal tissues of the rat. *Journal of pineal research*, 30(4), 243–247.
- Sugden D. (1989). Melatonin biosynthesis in the mammalian pineal gland. *Experientia*, 45(10), 922–932.
- Tijmes, M., Pedraza, R., & Valladares, L. (1996). Melatonin in the rat testis: evidence for local synthesis. *Steroids*, 61(2), 65–68.
- Viola I, Canto F, Abecia JA (2023) Effects of melatonin implants on locomotor activity, body temperature, and growth of lambs fed a concentrate-based diet. *Journal of Veterinary Behavior* 68, 24-31. doi.org/10.1016/j.jveb.2023.08.004.

Wallace JM, Milne JS, Aitken RP, Adam CL (2014) Impact of embryo donor adiposity, birthweight and gender on early postnatal growth, glucose metabolism and body composition in the young lamb. *Reproduction, Fertility and Development* **26**, 665-681. doi.org/10.1071/RD13090

Zeman M, Buyse J, Herichova I, Decuypere E (2001) Melatonin decreases heat production in female broiler chickens. *Acta Veterinaria Brno* 70, 15–18.