



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza



Trabajo Fin de Grado en Veterinaria

MEJORA REPRODUCTIVA EN OVINO DE CARNE

REPRODUCTIVE IMPROVEMENT IN MEAT SHEEP

Autor/es

Teresa Herranz Verdoy

Director/es

Antonio del Niño jesús García

Facultad de Veterinaria

2022

ÍNDICE

1. Resumen/Abstract	4
2. Introducción	5
3. Justificación y objetivos	7
4. Metodología	7
5. Resultados y discusión	8
5.1. Métodos no hormonales para la mejora reproductiva	8
5.1.1 <i>Flushing</i>	8
5.1.2 Fenómenos socio-sexuales: Efecto macho	12
5.1.3 Manejo del rebaño	15
5.1.3.1 Elección de reproductores	15
5.1.3.2 Calendarios reproductivos	17
5.1.3.3 Mejora genética	19
5.1.3.3.1 Razas Hiperprolíficas	20
5.1.3.3.2 Genes de prolificidad	21
5.2 Métodos hormonales para la mejora reproductiva	24
5.2.1 Implantes de melatonina	25
5.2.2 Progestágenos, prostaglandinas y gonadotropinas	27
5.3 Métodos alternativos a la monta natural	29
5.3.1 Inseminación artificial	29
5.3.2 Transferencia de embriones	32
6. Conclusiones/Conclusions	33
7. Valoración personal	34
8. Bibliografía	35

1. Resumen

El cambio al que se ha visto sometida la ganadería ha generado la necesidad a las explotaciones de adaptarse a nuevas estrategias comerciales y ajustarse a precios más competitivos utilizando diferentes vías. El manejo reproductivo es una de las vías utilizadas para incrementar la productividad y optimizar el trabajo en el ovino de carne. El uso de diversos métodos permite mejorar los parámetros reproductivos. Entre ellos encontramos métodos hormonales y no hormonales como el uso del fotoperiodo, la alimentación o la genética. Además del desarrollo de alternativas a la monta natural, que hacen posible un control absoluto de los cruzamientos entre ejemplares.

Actualmente, el desarrollo de nuevas técnicas y el perfeccionamiento de los métodos ya existentes hacen que la mejora reproductiva esté tomando mayor importancia. Junto con la correcta implantación de los planes de control de la reproducción, contribuyen a aumentar la rentabilidad de las explotaciones ganaderas de ovino de carne.

Abstract

The change in the livestock industry has created the need for farms to adapt to new commercial strategies and adjust prices using different methods. Reproductive management is one of the ways used to improve productivity and to optimize the work in meat sheep production. The use of several methods allows to increase reproductive standards. Within, we find hormonal methods and non-hormonal methods such as photoperiod, nutrition or genetics. In addition to the development of alternatives to natural mating, which make it possible to have absolute control over crossbreeding.

Currently, the development of new techniques and the improvement of existing methods are making reproductive improvement more important. Together with the correct implementation of reproduction control plans, they contribute to increase the profitability of meat sheep farms.

2. Introducción

La producción de ovino de carne en España, ha estado marcada hasta los últimos años por explotaciones escasamente desarrolladas y con una rentabilidad pobre. El vehículo para mejorar esta rentabilidad es la gestión técnico-económica llevada a cabo desde distintos puntos de vista, entre los cuales se encuentra el manejo reproductivo. Si bien el parámetro que determina la rentabilidad de una explotación ganadera es el margen neto, es decir los ingresos que se obtienen frente a los gastos, la modificación de los parámetros reproductivos permite jugar con ese balance y que estas explotaciones obtengan más beneficios. Cada ganadero, zona geográfica, modo de producción etc. tienen unas peculiaridades a las que los modelos de gestión reproductiva se deben adaptar (Martín et al., 2009).

El primer requisito indispensable al trabajar con la especie ovina, al igual que ocurre con todas, es conocer su fisiología reproductiva. La oveja se trata de una hembra poliéstrica estacional de días cortos, por ello su estación reproductiva es alrededor del otoño en Aragón. Su ciclo dura unos 17 días y la ovulación tiene lugar hacia el final del estro. Su gestación dura cinco meses aproximadamente. Por otra parte, el macho, pese a no tener una estacionalidad tan marcada como la hembra también se ve afectado por la estación reproductiva.

Para implantar un programa de mejora reproductiva en una explotación ganadera determinada es imprescindible llevar a cabo una recogida de datos exhaustiva, tanto al inicio como durante el desarrollo del programa. De esta forma, se define el punto de partida y se evalúa el éxito en el desarrollo del programa. De igual modo, es necesario conocer los parámetros reproductivos sobre los cuales se va a trabajar y las estrategias reproductivas a aplicar. La definición de los parámetros reproductivos puede realizarse desde el punto de vista teórico, sin embargo, la definición práctica permite valorar más correctamente el desarrollo del plan de mejora. Aquellos parámetros mediante los cuales se va a evaluar el efecto de las diferentes técnicas de mejora reproductiva expuestas en este trabajo son los siguientes:

El primero de ellos es la precocidad sexual de las corderas de reposición, que supone la aparición de la pubertad y el inicio de la actividad sexual. Para evaluarla en las explotaciones, se utiliza la relación entre las corderas que paren respecto al número total de corderas de reposición. Aunque también se podría detectar los celos de estas hembras utilizando machos con marcadores.

Para continuar, la fertilidad práctica se define como la relación de las ovejas paridas con respecto a las cubiertas y define el éxito de las cubriciones o inseminaciones. En este caso, la fertilidad teórica, es decir, la relación de ovejas gestantes con respecto a las cubiertas determinada mediante ecografía al mes de la cubrición es de gran utilidad para desechar de manera temprana hembras deficientes, incorporar a otros lotes o realizar tratamientos. Además, permite detectar problemas durante la gestación al compararla con la fertilidad práctica.

De igual forma, la prolificidad teórica viene marcada por la tasa de ovulación, ya que es el número de corderos nacidos con respecto al número de partos. Permite estimar la mortalidad embrionaria y evaluar el éxito de tratamientos hormonales o nutricionales. Sin embargo, la prolificidad práctica, al valorar el cordero a las 48 horas del parto, aporta información sobre la mortalidad perinatal y la capacidad maternal de esas ovejas.

Por último, la fecundidad establece la relación entre la prolificidad y la fertilidad y está relacionado positivamente con ambas, es decir, evalúa la cantidad de corderos nacidos por oveja reproductora cubierta, estimando así de forma global el resultado de la cubrición (Abecia y Forcada, 2010).

3. Justificación y objetivos:

El incremento de la importancia en el manejo reproductivo en el ovino de carne motiva a realizar una descripción de los métodos utilizados y sus resultados en la productividad de las explotaciones. Por ello, se propone realizar un estudio bibliográfico actualizado con los siguientes objetivos:

- I) Revisar la bibliografía escrita sobre la mejora reproductiva en el ovino de carne.
- II) Describir los métodos de mejora que existen y su fundamento.
- III) Conocer las nuevas tendencias en reproducción ovina.

4. Metodología:

La revisión bibliográfica se realizará a través de los buscadores GOOGLE SCHOLAR y PUBMED utilizando las palabras claves: Ovino, Ovino de carne, Manejo reproductivo, Mejora reproductiva, Mejora producción, Mejora fertilidad, Mejora prolíficidad, Precocidad, Fecundidad, Pubertad.

La bibliografía utilizada en la realización de este trabajo se citará siguiendo las reglas de HARVARD BUZ tal como se indica en la guía docente de la asignatura.

5. Resultados y discusión

5.1 Métodos no hormonales para la mejora reproductiva

5.1.1 Flushing

El *flushing* es una técnica para la mejora reproductiva que consiste en un aumento del plano de alimentación de los reproductores previo y posterior a la cubrición. Se realiza incrementando las fuentes de energía y proteína principalmente mediante diversas estrategias sobre las cuales se desarrollará este subapartado. El fundamento sobre el que se sostiene su funcionamiento es que, al aumentar el aporte nutricional, también lo hace la actividad hepática, haciendo así que se degraden esteroides séricos y aumente la GnRH. El aumento de esta hormona producirá un aumento en la viabilidad y en el número de folículos preovulatorios. También se incrementan los niveles de insulina promoviendo un óptimo crecimiento folicular por la mejora en la utilización de la glucosa. El mantenimiento del *flushing* post servicio además ayuda a la supervivencia embrionaria, afectando así a la fertilidad y prolíficidad de las hembras del rebaño (Zegarra, 2020).

El destino de esta práctica son todos aquellos animales que vayan a usarse como reproductores en la próxima época reproductiva. Los efectos de la aplicación del *flushing* tienen variabilidad debido tanto a la época como a las características propias del individuo. En la hembra (Tabla 1), las necesidades energéticas se incrementan en las distintas fases de la gestación y se debe evitar la pérdida de excesiva condición corporal para evitar problemas durante la misma y mejorar los parámetros reproductivos. De igual forma, la posterior lactación supone a la oveja requerimientos energéticos superiores a los de mantenimiento. El *flushing*, además de su efecto sobre la tasa de ovulación, permite recuperar cierto grado de condición corporal y preparar a la hembra para un nuevo periodo reproductivo, acelerando su recuperación y acortando el intervalo entre partos. Cabe destacar, que se observan mejores resultados en aquellas hembras donde la condición corporal es peor (2 a 2,5) con respecto a las ovejas con condición corporal óptima (a partir de 3) y en ovejas maduras con respecto a las hembras de primeros partos (Shad et al., 2011). De la misma manera y pese a lo que se podría esperar, la respuesta al *flushing* es mayor en hembras de razas no prolíficas que en aquellas de razas prolíficas (Hernández y García, 2020).

Estado fisiológico	Materia seca		Energía metabolizable (Mcal)	Proteína total (g)	Ca (g)	P (g)	Vitamina A (UI)
	(Kg)	% de Peso vivo					
Mantención	1,1	1,8	2,20	98	3,1	2,9	1530
Gestación temprana (15 semanas de gestación)	1,3	2,1	2,60	117	3,1	2,9	1530
Gestación tardía (últimas 6 semanas de gestación)	1,9	3,2	3,97	177	4,4	4,1	5100
Lactancia temprana (primeras 8 semanas de lactancia con parto simple)	2,3	3,9	5,41	239	11,5	8,2	5100
Lactancia temprana (primeras 8 semanas de lactancia con parto múltiple)	2,6	4,3	6,10	299	13,0	9,4	5100

Tabla 1. Requerimientos nutricionales diarios para ovejas de 60 Kg de peso vivo. (Romero y Bravo, 2012)

Como narra un estudio (Yıldırır et al., 2022) realizado con 4 grupos de hembras: con alimentación adecuada en la lactación acompañada de *flushing* previa nueva temporada reproductiva, sin acompañar de *flushing*, con restricción alimentaria durante la lactación con *flushing* y sin él respectivamente antes de las cubriciones. Como se observa en la tabla 2, el primero de los grupos mostró los mejores parámetros reproductivos en la paridera, el que tuvo una alimentación adecuada durante la lactación, pero no *flushing*, no se vio afectado significativamente. El tercero de los grupos vio compensado su restricción alimentaria con la realización de *flushing* y el cuarto grupo obtuvo los peores resultados. En este trabajo se reitera la importancia de la condición corporal de las ovejas para afrontar una nueva temporada reproductiva.

Parameter	Group					
	AL-F*	AL-C	RL-F	RL-C	SE	P
Ewes in laparoscopy	21	21	20	19		
Number of ewes with single ovulation	10	9	11	12		
Number of ewes with twin ovulation	8	11	9	7		
Number of ewes with triple ovulation	3	1	-	-		
Ovulation rate	1.67	1.62	1.45	1.37	0.13	0.296
Ewes lambed	18	20	21	17		
Total lamb	28	29	29	23		
Lambing rate, %	86	95	100	85		0.122
Infertility rate, %	14	5	-	15		0.226
Fecundity	1.33	1.38	1.38	1.10	0.15	0.520
Litter size	1.57	1.46	1.38	1.36	0.13	0.684

*

Groups; AL-F, Adequate-flushing; AL-C, Adequate-control; RL-F, Restricted-flushing; RL-C, Restricted-control.

Tabla 2. Parámetros reproductivos según los tratamientos nutricionales. (Yıldırır et al., 2022)

La utilidad del *flushing* nutricional no solo se encuentra en la hembra, sino que también se aprecian cambios significativos cuando es usada en los machos. Si bien los moruecos no tienen una estacionalidad tan marcada, también se observan variaciones en las evaluaciones espermáticas y en el comportamiento sexual durante las épocas de primavera-verano. Según un estudio realizado por Sakyl et al. (2013), la suplementación con alimentos ricos en proteína antes de las cubriciones mejora el comportamiento sexual y la libido de los machos. En dicha investigación se separaron dos grupos de machos según la ración que recibieron durante dos semanas. El primero de los grupos se alimentaba de heno, paja de trigo, melazas y correctores minerales frente al segundo, que además de eso, se le aportaba un suplemento con granos de altramuz. A dichos animales, se les realizó test de comportamiento sexual con la ayuda de hembras con el celo inducido y los resultados mostraron menores tiempos de reacción y mayores conductas sexuales en los moruecos suplementados. Para explicarlo, también pesaron y midieron la condición corporal a los animales al principio y al final del experimento, estos parámetros no variaron significativamente entre los grupos, descartando de esa forma la hipótesis de que la mejora en la libido se relaciona directamente con un mejor estado de carnes. Por el contrario, tras 8 semanas de suplementación, aquellos mardanos que la recibían sí aumentaron su condición corporal y su perímetro escrotal, directamente relacionado con una mayor fertilidad de los machos.

Uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta es cuándo aumentar la ración y la duración de este incremento. Se debe empezar a aportar una mayor concentración energética en el alimento de 15 a 21 días antes de comenzar con las cubriciones, hay que mantenerlo durante todo ese periodo y además es recomendable continuar durante 30 días post-cubrición, ya que se ha observado que no hacerlo reduce la tasa de preñez incluso en las ovejas con suplemento pre-servicio (Zegarra, 2020). De igual forma, extenderse demasiado con el *flushing* es perjudicial para la gestación como se demuestra en el trabajo de Mohajer et al. (2013). En dicho estudio, se demostró que la tasa de mortalidad de los corderos cuyas madres recibieron una energía metabolizable superior durante las últimas 6 semanas de gestación, estaba por encima que la de los nacidos de hembras que recibieron aportes energéticos más bajos. Sin embargo, en el primer caso, el peso de los corderos fue mayor.

La época en la que se aplica el *flushing* determinará la variabilidad en los resultados que se obtendrán. Debido al ciclo reproductivo de carácter estacional del ovino, se pueden distinguir a grandes rasgos dos períodos de tiempo, la estación reproductiva y el anestro. Tanto una buena condición corporal como un incremento en el plano de alimentación en el anestro mejoran la fertilidad en la entrada a la época de cubriciones, por lo contrario, no tienen demasiado efecto sobre la prolificidad. Sin embargo, en aquellas hembras que están ciclando, el efecto sobre la fertilidad no es notable y la prolificidad responde en mayor medida (Díez et al., 2009).

Cómo narra Zegarra (2020) en su trabajo, la suplementación necesaria para efectuar el *flushing* debe suponer un aumento del 20% al 30% en la energía metabolizable por encima de las necesidades de mantenimiento. Es conveniente adaptar a las posibilidades de cada ganadero y explotación el suplemento a añadir, en algunos casos podrá realizarse con forrajes de mayor calidad y en otros con concentrados de diferente naturaleza. Tal y como se demuestra en numerosos estudios, no solo debe aumentar el contenido energético de la ración para llevar a cabo el *flushing*, sino que el elemento clave es el aumento de proteína. En el caso de uno de los experimentos de la tesis de Álvarez et al. (2014), se vio que en dos grupos de hembras reproductoras con dos fuentes energéticas diferentes en la ración, a una energía metabolizable más o menos constante, el aporte de proteína total de cada una de las dietas hacía variar la tasa ovulatoria de esas ovejas (Figuras 1 y 2) .

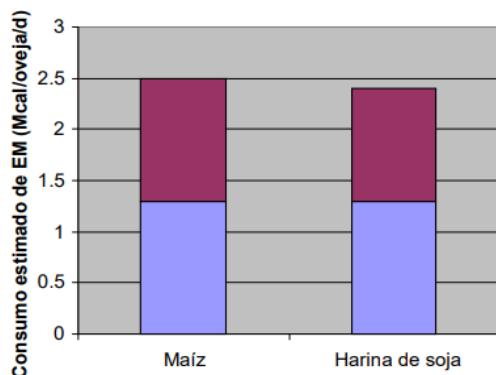


Figura 1. Influencia de la energía de la ración en la tasa ovulatoria.(Álvarez et al., 2014)

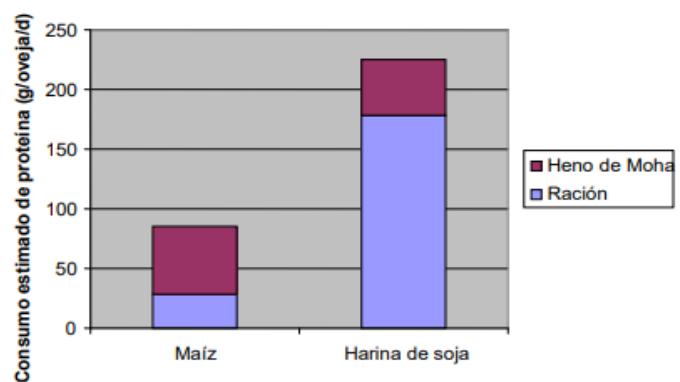


Figura 2. Influencia de proteína de la ración en la tasa ovulatoria (Álvarez et al., 2014)

El suplemento de la primera de las raciones consistió en maíz con un aporte proteico de 28,6 g/oveja/día. En cambio, la segunda ración se suplementó a base de harina de soja, esta fue mucho más rica en proteína con 178,7 g/oveja/d. Los resultados del experimento de Álvarez muestran un incremento superior en el desarrollo folicular del grupo de hembras suplementadas con harina de soja (Figura 3).

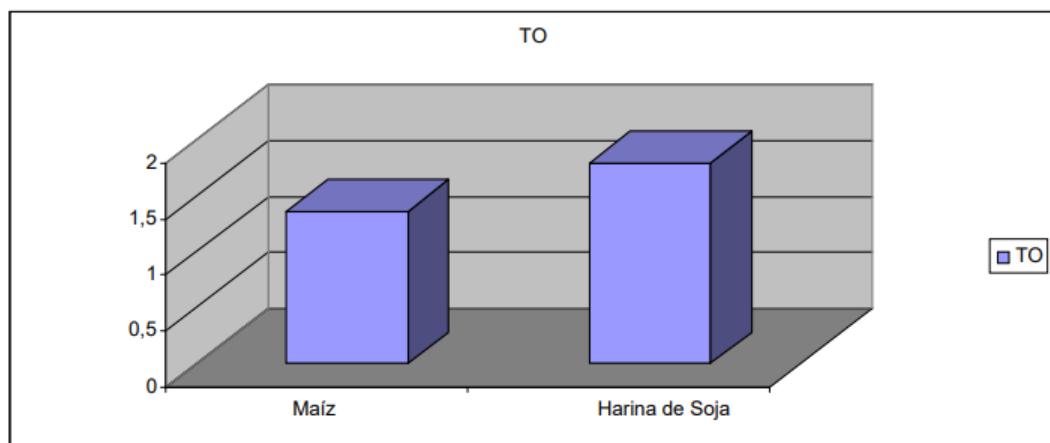


Figura 3. Tasa ovulatoria en ovejas suplementadas con Maíz o con Harina de soja. (Tasa ovulatoria: (Nº cuerpos lúteos/total de ovejas que presentan cuerpo lúteo)) (Álvarez et al., 2014)

El aumento hallado en la tasa ovulatoria de aquellas reproductoras que consumieron más proteína durante el periodo pre-servicio se debe a unos niveles superiores de una hormona cuya formación induce la hormona del crecimiento, el IGF-1 (factor de crecimiento similar a la insulina-1) (Figura 4). Dicha hormona reduce la atresia folicular debido a una inhibición de la apoptosis, incrementando así la tasa ovulatoria. En las hembras que han tenido y tienen partos dobles, independientemente de la alimentación que reciben, la concentración de IGF-1 es más elevada que en las ovejas de partos simples. Sin embargo, la suplementación con proteína tiene un efecto positivo sobre su incremento (Álvarez et al., 2014).

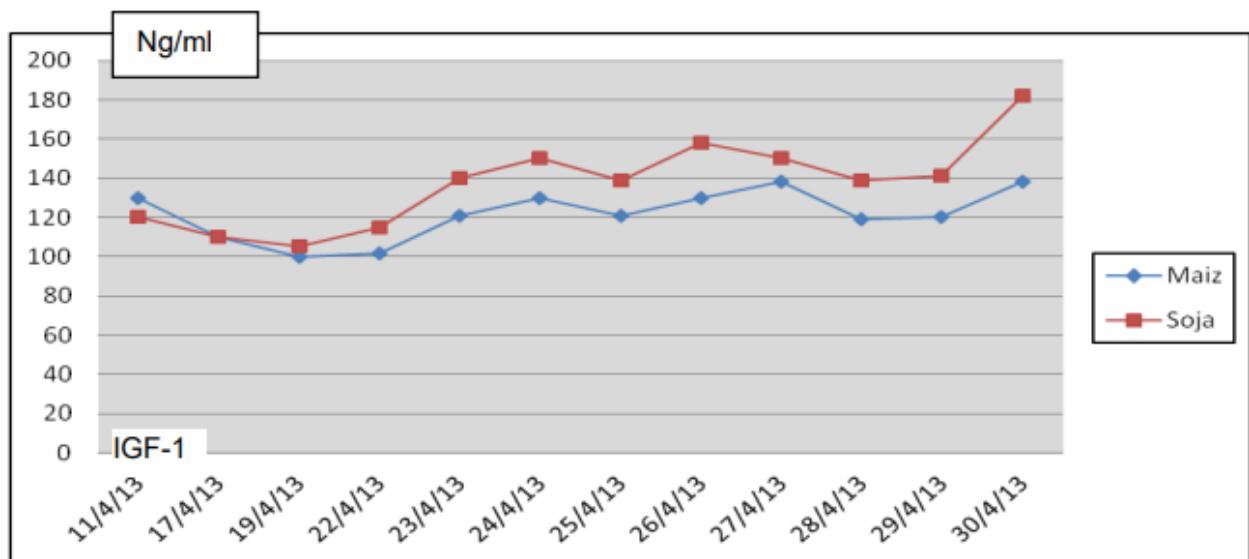


Figura 4. Comportamiento de la concentración de IGF-1 sanguínea en el periodo de sobrealimentación (*flushing*). (Álvarez et al., 2014)

5.1.2 Fenómenos socio-sexuales: Efecto macho

El efecto macho en ovino se puede explicar cómo el conjunto de fenómenos que se producen en la actividad sexual de la hembra por la presencia de machos reproductores tras un aislamiento previo. La causa de dicho efecto va más allá de la interacción social entre los animales y su fundamento reside en las feromonas y un particular sistema olfatorio que las capta, el órgano vomeronasal. La captación de las feromonas produce sobre el hipotálamo una respuesta de secreción hormonal y esto produce a su vez un estímulo sexual sobre la hembra dependiendo de sus propias características y de la época reproductiva en la que se encuentre (Gallegos, 2018). Un estudio publicado por Fabre-Nys et al. (2016) demostró que, durante la época de anestro de las ovejas, la presencia del macho producía en el 100% de las hembras un aumento en la secreción de pulsos de LH y en la concentración de estradiol. También en un alto porcentaje de las mismas producía directamente la ovulación. De hecho, la respuesta a la interacción sexual con el mardano era más elevada que la producida con el uso de estradiol exógeno.

Como se ha mencionado anteriormente, el estímulo sexual producido por la presencia del mardano es variable y depende de numerosos factores que influyen tanto a la hembra como al macho que se utiliza. Cuando el efecto macho es utilizado durante la época de anestro reproductivo, la profundidad del mismo determinada por la estacionalidad de la hembra en cuestión repercute en la respuesta de la oveja. Se ha observado que aquellas ovejas de razas menos estacionales tienen una concentración y frecuencia superiores en los pulsos de LH que las hembras de razas con una estación reproductiva más marcada (Meilán, 2014).

En un estudio llevado a cabo por Valencia et al. (2006) con ovejas de raza Pelibuey en México, se observó la influencia que tenía la presencia de machos en la estacionalidad de ovejas nulíparas y adultas. Cabe destacar que no se trata de una raza muy estacional y en algunas de las hembras la actividad ovárica y estral perdura incluso durante la primavera. Durante el experimento, realizado en dos años distintos, se controlaron los ciclos mediante mediciones de progesterona de dos grupos de hembras, uno de nulíparas y otro de multíparas, en ambos utilizando el efecto macho durante el primer año y sin hacerlo en el segundo. Las ovejas nulíparas tenían una mayor sensibilidad al anestro y ninguna ciclaban fuera de la estación reproductiva cuando no había machos, en cambio, cuando estos estaban presentes sí se observó actividad sexual. De igual forma, las multíparas también se vieron influidas por la presencia del macho aumentando la proporción de hembras continuas y que comenzaban a ciclar previamente a la estación reproductiva, reduciendo así el anestro estacional. La salida de este anestro se puede dar con un ciclo de duración normal con una ovulación acompañada de su correspondiente estro o con un ciclo corto con ovulación silente después del cual se producirá un ciclo normal.

Otro de los factores que afecta a la respuesta al efecto macho es la experiencia sexual de las hembras. Un experimento realizado con 5 grupos de ovejas Ile de France reveló que la efectividad del estímulo del mardano mejoraba a medida que lo hacía la exposición previa a machos sexualmente activos. Estos grupos se diferenciaban tanto en la edad de las hembras, como en el tiempo de permanencia previa con los mardanos, además para uno de los grupos se utilizó un macho castrado (figura 5). Tal y como se planteó en la hipótesis del estudio, aquellas ovejas que habían permanecido más tiempo y con una edad superior con los machos tuvieron mayor número interacciones con el mardano y de forma inmediata. De igual forma, se midieron las concentraciones séricas de LH que correlacionadas con el comportamiento sexual eran superiores en las hembras del mismo grupo. Por el contrario, el grupo que peor respondió al efecto macho fue aquel que solo tuvo contacto previo con un mardano castrado demostrando así la influencia positiva de la experiencia sexual en las ovejas. (Chanvallon et al., 2010).

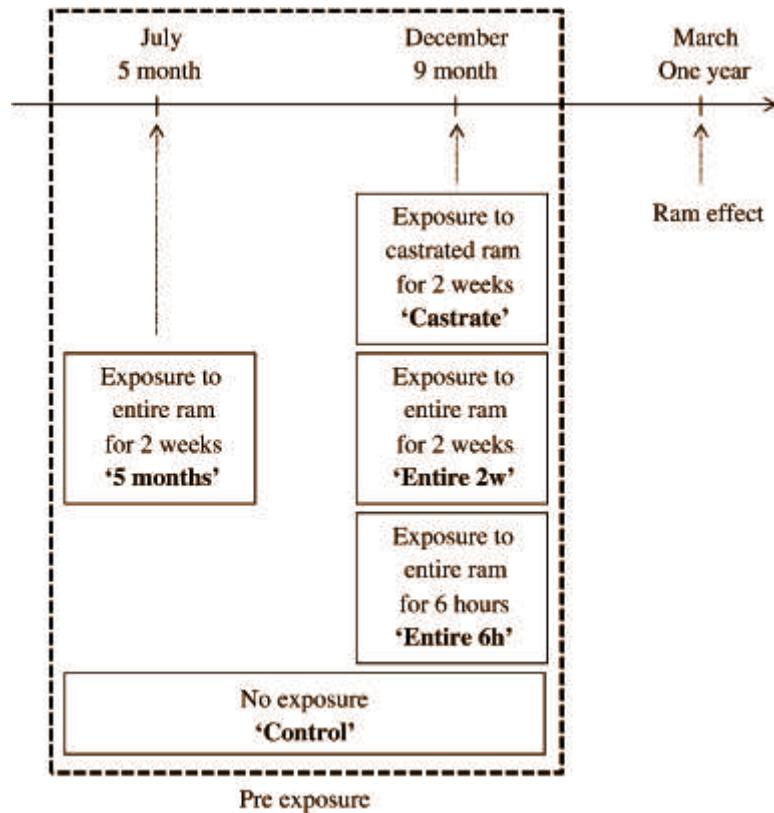


Figura 5. Diseño del experimento para evaluar el efecto del macho sobre las hembras reproductoras. (Chanvallon et al., 2010)

En el caso de las ovejas prepúberes, el estímulo del macho permite adelantar la pubertad unas 4 o 5 semanas si estas han alcanzado un desarrollo sexual adecuado. De la misma forma que afectaba en las ovejas adultas, la estacionalidad, raza, edad etc. puede hacer variar el resultado (Abecia y Forcada, 2010).

El uso del efecto macho en ovejas cíclicas no es tan útil como en el caso de las hembras anestéricas, pero sí que se ha observado que igual que en estas últimas, produce incrementos de LH y por ello se estimula el desarrollo folicular. Esto lo hace muy interesante para combinar con otros tratamientos de sincronización (Meilán, 2014). Según se concluye en el artículo de Cadena et al. (2018) la introducción del mardano produce una salida a celo más rápida y de forma sincrónica combinada con la aplicación de dos dosis de PGF2. También se ha visto que, en combinación con tratamientos con esponjas vaginales y posterior inseminación artificial, el efecto macho produce un mayor número de corderos nacidos por oveja, es decir aumenta la prolificidad (Abecia et al., 2021).

Para que la sincronización utilizando el efecto macho sea exitosa se debe tener en cuenta que la introducción de los mardanos junto con las hembras debe estar precedida por un periodo de aislamiento de ambos sexos. Este tiempo de separación se realiza durante al menos tres semanas y con una distancia entre machos y hembras suficiente para inhibir cualquier estímulo sexual (Caldas et al., 2015). Sin embargo, se ha observado que la respuesta sexual de las ovejas aisladas frente a las que permanecen en contacto con los machos no difiere ante la introducción de un nuevo macho (Delgadillo et al., 2008). Además de esto, se requiere de una proporción de machos elevada para llevar a cabo el estímulo, superior a la que se utilizaría en una cubrición habitual, entre el 3% y el 9%. De igual forma, los mardanos a utilizar deben tener una actividad y experiencia sexual marcadas, por ello es recomendable desechar a los más jóvenes. La respuesta mejora cuando a estos machos se les ha realizado un tratamiento hormonal previo (Folch, 2000).

Al igual que ocurre con el efecto macho, la presencia de hembras ciclando afecta a las ovejas que se encuentran en anestro, esto es conocido como efecto hembra. La introducción de reproductoras en celo en un grupo de otras anestriadas permite inducir y sincronizar ovulaciones al igual que ocurría con la interacción con el macho sexualmente activo. Para ello se requiere un gran número de hembras en estro y mejora notablemente su eficacia al combinarlo con otros tratamientos de sincronización (Rosa y Bryant, 2002). De igual forma, las hembras en celo pueden utilizarse para estimular a los mardanos, mejorando así los resultados de los mismos en el efecto macho (Sanchez, 2007).

5.1.3 Manejo del rebaño

5.1.3.1 Elección de reproductores

A la hora de elegir los futuros reproductores de una determinada explotación ganadera se encuentran dos premisas, obtener el máximo beneficio económico posible y que esos animales se adapten al sistema de explotación de dicha granja. Se debe hacer una balanza entre las características que se desean obtener en la descendencia y las aptitudes reproductivas de los individuos, en las que se centrará este subapartado (MAPAMA, 1982).

Para evaluar la capacidad reproductiva de un semental se debe tener en cuenta su conducta sexual, las características de su aparato reproductor y la calidad de su semen, además se debe realizar un examen físico general para cerciorarse de que este macho es apto para la actividad sexual que para él se espera.

En la evaluación del aparato reproductor del macho toma importancia el perímetro de la circunferencia escrotal, un mayor tamaño testicular supone una producción espermática superior y por ello mejor fertilidad. Se trata de un carácter fácil de medir y estandarizar, con un coste económico bajo y sobre el cual se puede realizar una selección ya que su heredabilidad es alta. Además de esto, existe una correlación directa del perímetro escrotal con la calidad espermática, constituyendo su uso una ventaja como método de selección frente a otros caracteres reproductivos con resultados poco predecibles por su baja heredabilidad (Pabón y Pulido, 2021). Las causas de desecho de mardanos son principalmente por animales viejos, calidad seminal pobre y mala conformación testicular o presencia de procesos infecciosos o inflamatorios (Sanchez et al., 2020).

Especialmente si se desea realizar inseminación artificial con ciertos reproductores, la evaluación espermática es imprescindible. El uso del semen en ovino suele ser en fresco, normalmente previa dilución. El aspecto macroscópico del eyaculado debe ser de un color blanco lechosos sin aparente contaminación por presencia de sangre y volumen entre los 0,5 y los 2 ml, el cual varía según la edad del mardano su actividad sexual reciente. Para considerar a dichos mardanos aptos para la reproducción, se debe realizar una valoración microscópica en la cual se hayan concentraciones de $3,5 \times 10^9$ a 5×10^9 , una motilidad masal buena, es decir, superior a 4 en una escala de 5, motilidad individual superior a un 90% y vitalidad alrededor del 85% (Condori y Kantuta, 2021).

De igual forma, en la elección de las corderas de reposición se tiene en cuenta la aptitud reproductiva (conducta, fertilidad y prolificidad) y la maternal (conducta maternal y lechera). Generalmente, dichas hembras se obtienen de animales nacidos en la propia explotación, o lo que es lo mismo, con orígenes conocidos. Se prioriza la obtención de reproductoras nacidas en partos múltiples o cuyo padre haya nacido en un parto gemelar, también aquellas hijas de ovejas con buena capacidad maternal y las corderas que presenten un buen crecimiento y desarrollo durante la primera etapa de desarrollo (Tabera, 2018).

La evaluación del estado físico general constituye el examen más básico en la elección de reproductoras. En él, se debe prestar especial atención a la conformación y estado de ubres y vulva. Se debe comprobar la elasticidad y turgencia de la ubre de la oveja o cordera, la inserción de los pezones y la presencia de anomalías congénitas como pezones supernumerarios o agenesia de los mismos. Es imprescindible realizarlo en todas las hembras reproductoras y no solo en la reposición, ya que diversas patologías pueden afectar a estas zonas y ser causa de desecho (Aguilar y Alvarez, 2011).

5.1.3.2 Calendarios reproductivos

La principal premisa para establecer un plan de mejora reproductiva en una determinada explotación pecuaria es la organización del trabajo. Para ello, se implantan calendarios reproductivos adaptados a cada granja (Tabla 4), se deben tener en cuenta la fisiología reproductiva de las ovejas, la capacidad de las instalaciones de adecuarse al ritmo reproductivo deseado, el clima de la zona, la imposibilidad de los ganaderos de atender partos en determinadas épocas del año etc. Además, cabe tener en cuenta que el precio del cordero sufre variaciones acusadas a lo largo del año a causa de la estacionalidad reproductiva de la especie y de un consumo ligado a fechas concretas (Baila,2017).

PARTOS/OVEJA/AÑO	PARIDERAS/EXPLOTACIÓN/AÑO
1 parto/oveja/año	2 parideras/explotación/año
4 partos/3 años (1,33 p/oveja/año)	4 parideras/explotación/año (45 días sí y 45 días no)
3 partos/2 años	3 parideras/explotación/año (3 partos/2 años y 2 LOTES)
	6 parideras/explotación/año (Sistema CAMAL, 3 partos/2 años, 4 LOTES)
5 partos/3 años	5 parideras/explotación/año (Sistema STAR)

Tabla 4. Características de los diferentes calendarios reproductivos. (Abecia y Forcada, 2010)

Los distintos parámetros reproductivos se ven afectados por los ritmos productivos de cada sistema, cada uno de ellos posee unas características diferentes permiten mejorar algún aspecto de los resultados productivos de la explotación. Tal y como se observa en el estudio de Baila (2017), realizado en 33 explotaciones integradas en ANGRA, los sistemas que mejores índices de fecundidad y prolificidad obtienen son aquellos en los que las ovejas tienen 3 partos/2 años, aunque de ellos el que permite una mayor intensificación es el CAMAL (6 parideras/año). Por el contrario, el sistema STAR (5 parideras/año), siendo el que más intensificación implica de todos, no maximiza los índices reproductivos (Tabla 5). En el caso de explotaciones extensivas con un mínimo control de las cubriciones, es decir que no realizan monta continuada, el sistema de dos parideras al año es el de elección.

TIPO SISTEMA	PROLIFICIDAD (corderos/parto)	PHA	FECUNDIDAD (corderos/ovejas totales)
3 PARIDERAS	$1,42 \pm 0,009^b$	$1,37 \pm 0,018$	$1,55 \pm 0,024^{ab}$
4 PARIDERAS	$1,41 \pm 0,017^{ab}$	$1,32 \pm 0,026$	$1,48 \pm 0,071^a$
STAR	$1,36 \pm 0,019^a$	$1,31 \pm 0,061$	$1,38 \pm 0,065^a$
CAMAL	$1,5 \pm 0,021^c$	$1,37 \pm 0,030$	$1,73 \pm 0,071^b$

a,b,c indican diferencias significativas de al menos $p < 0,05$

Tabla 5. Media (\pm E.E.) de los distintos parámetros reproductivos estudiados en 33 ganaderías integradas en ANGRA, en función de su sistema reproductivo. PHA: Partos/hembra/año. (Baila, 2017)

Un estudio llevado a cabo en Cáceres por Pontes et al. (2007), en el que se evalúa el paso de un calendario de 3 cubriciones al año a sistema STAR en ovejas manchegas destinadas a la producción de lechazo revela que este sistema de 5 parideras/año asociado a un correcto manejo de los reproductores permite mejorar parámetros reproductivos y por consiguiente la productividad de la explotación. Durante el primer periodo (1985- 1992) se utilizaba el sistema de 3 parideras/año, posteriormente (en el 93) se implanta el sistema STAR, en 1999 se incrementa el número de machos reproductores en cada lote y en 2002 comienzan a utilizarse implantes de melatonina (Melovine®). Se observa que con el incremento del porcentaje de mardanos mejora la fertilidad y prolificidad que había en el periodo de paso al sistema STAR, pero aun así no se supera la presente durante el periodo entre 1985 y 1992. Sin embargo, el comienzo de los tratamientos con melatonina, que reducen el anestro estacional de la especie ovina, desencadena un aumento de los índices productivos mayor que cuando se usaba el sistema de 3 cubriciones/año. Del mismo modo y tal como se ha mencionado anteriormente, aunque la prolificidad y fecundidad individual de cada hembra sea menor en el sistema STAR, su uso permite unos mejores resultados globales al poder pasar las hembras que no resultan cubiertas a los siguientes lotes en un intervalo de tiempo mucho menor.

Reiterando esta mejora global, otro estudio (Martín et al., 2010), esta vez con ovejas lecheras lacaune de Castilla y León, muestra que con el cambio de sistema de 3 a 5 parideras por año hay menos nacidos muertos y menos muertes en el primer periodo de vida de los corderos. Esta diferencia se achaca a la distribución más homogénea del trabajo, evitando la sobrecarga de partos en menos épocas y por ello, a la mejor atención hacia los animales de la explotación.

5.1.3.4 Mejora genética

El límite ante el establecimiento de cualquier plan de mejora de la producción es la genética, ya que el principal requisito para alcanzar ciertos objetivos productivos es que los animales sobre los que se trabajan, tengan integrado en su información genética la capacidad de llegar hasta ellos. Mediante mejora genética podemos actuar sobre diferentes caracteres productivos incluyendo los de producción cárnica, lechera, lanar etc. En este caso, nos vamos a centrar en los caracteres reproductivos. Estos presentan una complicación y es que, debido a su baja heredabilidad, con respecto por ejemplo a los cárnicos, es más complicado obtener un progreso genético rápido. Cabe destacar que este progreso genético se puede acelerar cambiando la monta natural por inseminación artificial, transferencia de embriones, fecundación in vitro e implantación etc.

El carácter reproductivo sobre el que actúan principalmente los programas de mejora es la prolificidad, es indispensable un control exhaustivo de los árboles genealógicos y de los caracteres fenotípicos de ascendientes y descendientes. Otro problema al que se enfrenta la selección genética para la reproducción es que cierta información fenotípica sólo puede provenir de las hembras, es decir de la mitad de la población (Vicente, 2020). Inicialmente, fue el índice de selección el primer método para predecir el valor genético de la progenie para los distintos caracteres. En la actualidad y desde la década de los 90, el BLUP (Mejor Predictor Lineal Insesgado en inglés) es lo más utilizado ya que permite integrar en el programa los valores genéticos de todo el árbol genealógico conocido y evaluar la influencia del ambiente. Del mismo modo, la introducción de la genómica y los marcadores genéticos van tomando parte en los programas de mejora genética (Rivas et al., 2015).

Cuando se toma la iniciativa de implantar un plan de mejora genética se debe decidir cómo actuar con la población inicial, es decir, si queremos mantener esos mismos genotipos mejorándolos o buscamos la introducción de nuevos caracteres. En resumidas cuentas, se basa en la elección entre selección de razas puras o cruzamientos. La ventaja de realizar selección de los mejores ejemplares de una determinada explotación y mejorar la genética con ellos estableciendo así una “raza pura” es que la adaptación al ambiente que esa población ya tenía se mantiene en la población mejorada. Sin embargo, la realización de cruzamientos entre distintas poblaciones de ovinos lleva implícita una serie de fenómenos beneficiosos. El primero de ellos es la absorción, en él se produce un cambio lento en la población inicial que vira hacia la que hemos introducido en el cruzamiento. Además, también se produce complementación entre los caracteres de ambas partes cruzadas. Por último, se presenta una superioridad fenotípica de la progenie con respecto a sus dos padres conocida como heterosis o vigor híbrido. El inconveniente de realizar cruzamientos es que un cambio drástico en la población puede generar una inadaptación de la misma (Mueller, 2008).

5.1.3.4.1 Razas Hiperprolíficas

Si hablamos de razas puras hiperprolíficas, una de las más importantes y extendidas es la Romanov. Se trata de ovejas de origen ruso cuya prolificidad media supera los 3 corderos nacidos por oveja. Dicha prolificidad viene determinada por la genética de la raza, concretamente tiene origen poligénico, es decir, no proviene de un solo gen como ocurre en otras razas ovinas (Frade et al., 2015). Históricamente y hasta la actualidad, estas razas han sido utilizadas para conseguir un aumento rápido de la prolificidad en el rebaño mediante cruzamientos con la población inicial (Dkhili, 2013).

Los resultados de un cruzamiento con romanov se muestran en un experimento llevado a cabo por Turkyilmaz y Esenbuga (2019) en Turquía. En él, se realiza la comparativa, tal y como se muestra en la tabla 6, de los resultados en los índices reproductivos en dos poblaciones de hembras ovinas, una de ellas Morkaraman pura (raza autóctona) y otra Morkaraman cruzada con Romanov. La prolificidad en los animales híbridos se ve claramente aumentada, ya que en ambos grupos nacen prácticamente el mismo número de corderos, pero hay 29 hembras cruzadas menos. De igual forma, el porcentaje de partos múltiples en las reproductoras Morkaraman es prácticamente anecdótico, mientras que en las cruzadas con Romanov supera la mitad de los partos. Sin embargo, la supervivencia de los corderos nacidos es menor en la progenie de las híbridas, puede ser debido a una menor adaptación a las condiciones ambientales o al menor peso al nacimiento que presentan los animales de partos múltiples. Además de esto, al tratarse la Mokaraman de una raza puramente cárnica y de cola grasa, la reducción del peso del cordero al cruzarla con Romanov es significativa y por ello debe valorarse desde el punto de vista económico.

Traits	Morkaraman	RxM
Number of ewes mated	82	51
Number of ewes lambing	72	46
Ewes with single lambs	66	21
Ewes with multiple lambs	6	25
Number of lambs born	78	73
Number of lambs born alive	78	72
Number of lambs weaned	75	62
Number of ewes lambing / number of ewes mated (%)	0.88	0.90
Single birth rates per ewes lambing (%)	0.92	0.46
Multiple birth rates per ewes lambing (%)	0.08	0.54

Tabla 6. Resultados
reproductivos de las
hembras Morkaraman y
Romanov x Morkaraman.
(Turkyilmaz y Esenbuga,
2019)

En España, y más concretamente en Aragón, un cruzamiento de ejemplares de raza aragonesa con sementales de raza hiperprolífica Romanov ha dado lugar a la creación de una raza propiamente dicha, la oveja Salz, que toma su nombre de la localidad de la explotación dónde fue criada por primera vez. Como raza aragonesa su producción de corderos se destina al ternasco. Las hembras de raza Salz se caracterizan por una actividad sexual prácticamente continua a lo largo del año (no anéstrica) que permite integrarlas de forma exitosa en sistemas semi-intensivos. Además, se trata de reproductoras con una media de dos corderos nacidos por parto (MAPAMA, 2021). El esquema de cruzamientos utilizado para crear esta raza, como observamos en la figura 6, consistió en dos líneas de cruzamiento independientes. Ambas se componían de machos romanov y hembras rasas aragonesas, tras sucesivas generaciones de cruzamientos en cada línea, la F6 de la línea A combinada con la de la B generaron los primeros ejemplares de raza Salz (50% Romanov, 50% Rasa Aragonesa). El fundamento para solamente combinar dos razas fue que los resultados que se obtuvieron en los primeros cruzamientos fueron satisfactorios y que el hecho de introducir más razas frenaba el progreso genético siendo el ovino una especie con una baja velocidad reproductiva (Sierra, 1989).

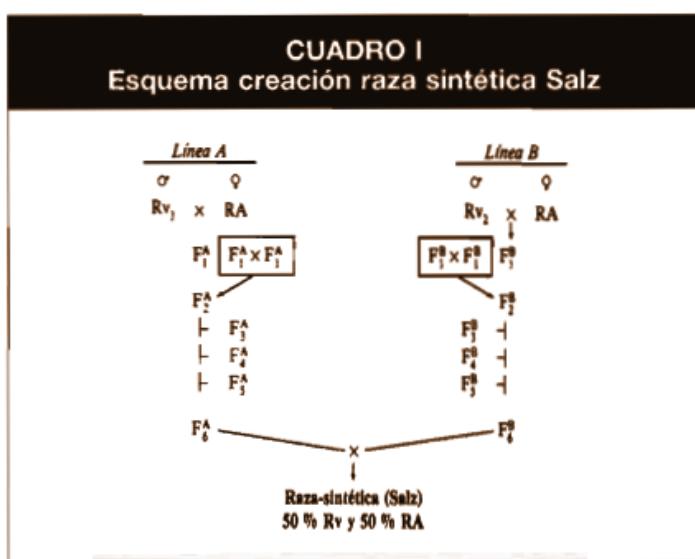


Figura 6. Esquema de creación de la raza Salz. (Sierra, 1989)

5.1.3.4.2 Genes de prolificidad

En la actualidad, se conocen ciertas variaciones genéticas que en el genoma de una raza ovina producen un aumento de los corderos nacidos por parto. Dichas mutaciones pueden ser útiles en los planes de mejora genética para la reproducción en la especie ovina. Para ello, se requiere de un estudio exhaustivo de sus efectos y de la forma de introducirlo en las explotaciones.

Una raza autóctona española, concretamente aragonesa, posee ejemplares con una variación genética. El comúnmente llamado gen ROA, cuyo nombre proviene de la cooperativa dónde se llevaron a cabo los estudios sobre él (Rasa Oviaragón), corresponde a una variación del locus BMP15 localizado en el cromosoma X, el alelo FecXR. El gen ROA fue descubierto en 2007 y actualmente ANGRA (Asociación Nacional de Criadores de Ganado Ovino de la Raza Rasa Aragonesa) lo comercializa bajo el nombre de gen Santa Eulalia (Laviña et al., 2019).

El efecto de la presencia de este gen en heterocigosis en las hembras reproductoras se traduce en un incremento en la tasa de ovulación de esas ovejas. Sin embargo, en homocigosis produce esterilidad. Por esta razón, para evitar la aparición de hembras estériles en la reposición, lo que generaría consecuencias nefastas en la producción se debe seguir exhaustivamente el siguiente esquema de cruzamientos (Figura 7): Los machos certificados portadores del gen ROA ($R+$) se deben cruzar con hembras que no lo posean en ninguno de sus cromosomas X. De este modo, el 100% de las corderas nacidas tendrá mayor prolificidad en su futuro como reproductora (gen ROA en heterocigosis) y ninguno de los corderos macho portará el gen. En el caso de un descuido del ganadero, en el que se mezclen animales con gen y exista la posibilidad de que aparezcan corderas estériles, se recomienda el sacrificio de toda la descendencia o su análisis genético.

Es recomendable mantener una serie de hembras no portadoras del gen ROA en la explotación para poder cruzar con los sementales XRY, mínimo un 25% de las reproductoras. Además, todos los animales con el gen de prolificidad deben identificarse con un crotal para evitar los cruzamientos indeseados (CITA, 2014).

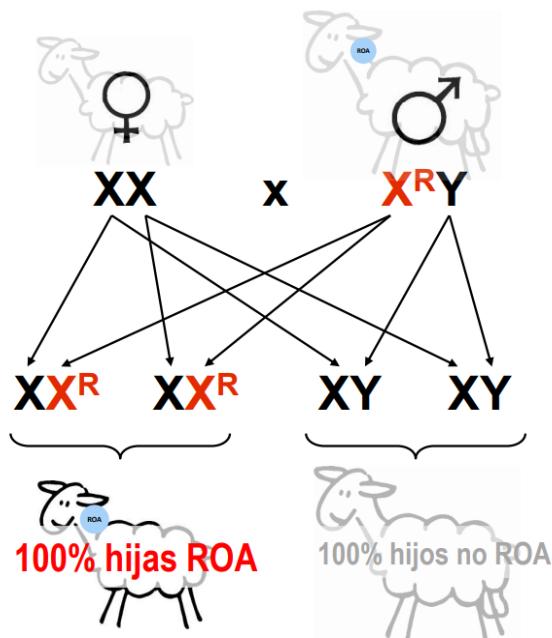


Figura 7. Cruzamiento de Macho ROA (XRY) hembras no portadoras (XX). (CITA, 2014)

Las hembras R+ presentan una tasa ovulatoria 0,63 puntos mayor que se traduce en un aumento de la prolificidad de 0,35 puntos con respecto a las R-. En aquellas explotaciones con este plan de mejora genética, se incrementan los partos dobles e incluso los partos triples se presentan hasta en un 10%. La utilización de tratamientos hormonales en hembras portadoras todavía predispone más a la aparición de partos múltiples, especialmente de triples. Sin embargo, otros parámetros reproductivos parecen no verse afectados. La fertilidad tanto en machos como en hembras portadoras del gen es similar a la del resto del rebaño con un pequeño aumento no significativo en las ovejas R+ por un número de ovulaciones más elevado. Tampoco hay diferencias en la mortalidad embrionaria o en las características de los corderos nacidos. Cabe destacar, que los animales que provienen de partos múltiples tendrán un menor peso al nacimiento. En cambio, si se ha observado mayor precocidad sexual en las borregas que poseen el gen ROA con un adelanto de hasta 30 días del primer parto (Alabart et al., 2016).

Los efectos del plan de mejora genética de la raza aragonesa mediante el gen ROA/Santa Eulalia se traducen en un beneficio económico para el ganadero. Tal y como se observa en la tabla 7, pese a que trabajar con la mejora genética supone mayores gastos, el margen obtenido por oveja en las explotaciones con más del 5% de portadoras (R+) es notablemente mayor (CITA, 2014).

	≥ 5% ROA	Selección	No selección
Partos/oveja/año	1,28	1,19	1,03
Prolificidad	1,57	1,36	1,29
Mortalidad de corderos (%)	11,4	10,4	11,9
Corderos vendidos/oveja/año	1,61	1,27	1,06
Ingresos totales/oveja (€)	150,25	125,66	106,40
Gastos totales/oveja (€)	122,16	102,51	99,31
Margen bruto/oveja (€)	57,17	45,11	27,52
Margen bruto/UTH (€)	25.153	25.141	15.644

Tabla 7. Estudio económico comparativo según el plan de mejora genética. (CITA, 2014)

5.2 Métodos hormonales para la mejora reproductiva

La estacionalidad que caracteriza a la especie ovina y la regulación del mercado, hacen que el precio del cordero sufra variaciones acusadas, siendo este más elevado cuando el producto se encuentra “fuera de temporada”. Para mitigar el descenso de producción de carne de cordero en determinados meses, se puede realizar control reproductivo. Este control reproductivo incluye los métodos comentados anteriormente en este trabajo (no hormonales) y la modificación del eje hipotálamo-hipófisis-gonada mediante hormonas. Los métodos hormonales permiten modificar el ciclo sexual de hembras y machos de forma efectiva. Hay numerosos protocolos (Tabla 8) y se utilizan para la sincronización, la inducción del estro en ovejas anestriadas o borregas prepuberales, los tratamientos de superovulación para realizar transferencia de embriones etc. (Abecia et al., 2011).

Hormone	Pharmaceutical Form	Route of Administration	Dose	Season for Use	Time for Introduction of Male Animals into the Females	Optimum Male:Female Ratio	Comments
Progesterone	CIDR	Intravaginal × 12–14 d	20–40 mg FGA	All year	36–48 h after removal of devices	1:5	Can be used in combination with eCG
Progestagen	Sponge	Intravaginal × 12–14 d	20–40 mg FGA, 60 mg MPA	All year	36–48 h after removal of sponges	1:5	Can be used in combination with eCG
	Melengestrol acetate	In feed × 8–14 days	2.5 mg MGA split in 2 feedings	All year	26–48 h after removal of feed	1:5	eCG injected 8 h after last feeding
eCG	Injectable solution	Intramuscular	250–500 IU	All year			Must be used after administration of progesterone or progestagens
Prostaglandin or synthetic analogues	Injectable solution	Intramuscular/ Subcutaneous	125 µg cloprostetol, 7.5 mg luprostiol	Breeding period	48 h after administration	1:10	Two injections with a 10-d interval
Melatonin	Implant	Subcutaneous	Rams: 3×18 mg; Ewes: 18 mg	Outside of breeding season	40 d after administration to ewes	1:20	Males separated from females for 45 d before introduction

Tabla 8. Rasgos de los principales tratamientos farmacológicos para el control reproductivo en pequeños rumiantes. (Abecia et al., 2011)

5.2.1 Implantes de melatonina

La melatonina se trata de una hormona producida naturalmente por la glándula pineal. En los ovinos, así como en otras especies, es la encargada de regular los ritmos circadianos y biorritmos, entre los que encontramos el ciclo sexual. La ruta enzimática que produce su síntesis se desencadena gracias a estímulos captados por la retina, concretamente de la oscuridad. Es por ello que los niveles plasmáticos de melatonina son basales durante el día y sufren un incremento acusado durante la noche. Los efectos de esta hormona se concentran en el hipotálamo, estimulando la secreción de GnRH y por ello activando el eje hipotálamo-hipófisis-gonada. Las características estimulantes de la melatonina determinan la estacionalidad de la especie ovina, la cual cicla en días cortos (mayor número de horas de oscuridad), cuando la producción de dicha hormona es mayor.

De forma artificial, se colocan implantes subcutáneos de melatonina tanto en hembras como en machos que liberan de forma sostenida esta hormona durante 60 días. En España, se trata de un producto comercial denominado *Melovine* y se realiza un protocolo específico para su utilización (Tabla 8). Se debe mantener a los moruecos alejados de las reproductoras para reintroducirlos a los 40 días de la colocación del implante. Además, es importante respetar la proporción de machos/hembras para maximizar su eficacia (Silva, 2012).

Del mismo modo y pese a que los mardanos no muestran una estacionalidad tan marcada como las hembras, se ha comprobado que tanto su actividad sexual como su fertilidad se ven reducidas en los meses de primavera-verano (regulado por el fotoperiodo). La realización de un experimento llevado a cabo en la Facultad de Veterinaria de Zaragoza por Abecia et al. (2018) evalúa la capacidad de los implantes de melatonina en mitigar dichos efectos en los machos. En el estudio se trató con melatonina a un grupo de mardanos y se dejó otro grupo sin tratar como control. Posteriormente, estos animales fueron utilizados para estimular hembras de raza aragonesa mediante el efecto macho, cada uno de los grupos en un periodo de tiempo distinto. Tal y como muestra la figura 8, en aquellos mardanos con implantes de melatonina se observó mayor número de interacciones sexuales con las ovejas (intentos de monta, olfateo genital, marcaje con orina etc.), por lo tanto, la hormona produjo un incremento de la actividad sexual. De igual forma, se realizaron mediciones de testosterona en ambos grupos de machos y resultaron superiores los niveles de los ejemplares sometidos al tratamiento con melatonina.

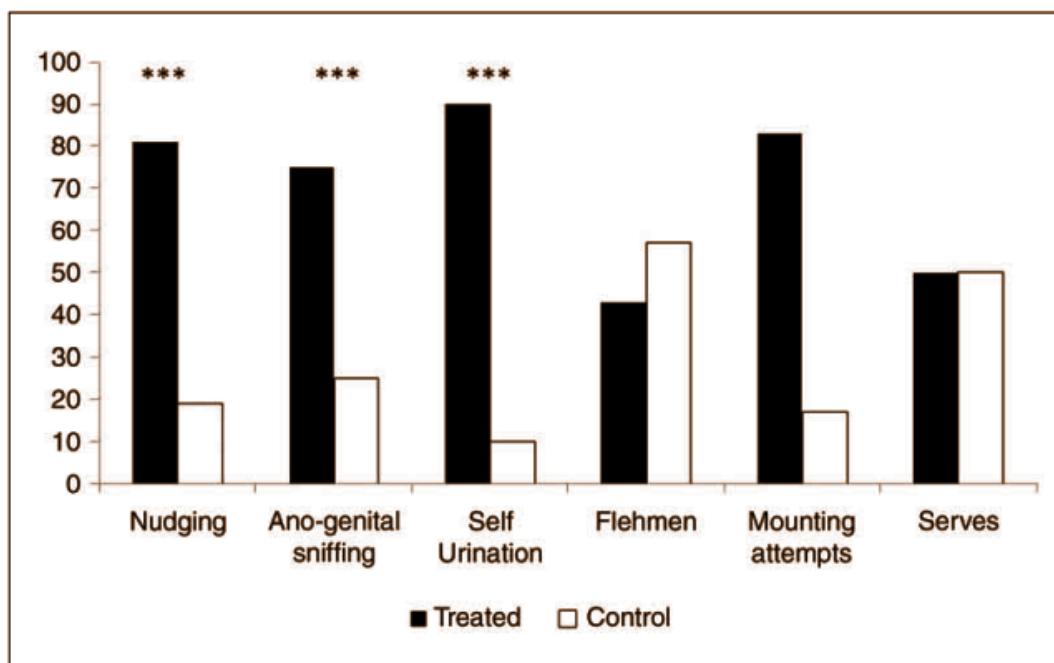


Figura 8. Comportamiento sexual comparativo de machos tratados con melatonina frente a no tratados durante observaciones de 30 minutos durante 10 días. (Abecia et al., 2018)

Cabe destacar, que según Abecia et al. (2018), las hembras expuestas a los machos tratados con melatonina obtuvieron una mejora en ciertos parámetros reproductivos ya que se observó mayor tasa de preñez, fertilidad y prolificidad. Estos fenómenos se pueden achacar al aumento en la producción y calidad espermática, así como del diámetro escrotal que experimentan los machos tratados con melatonina fuera de la estación reproductiva (García et al., 2015).

Gracias a un estudio llevado a cabo por Gonzalez (2017), se pudo comprobar que, durante la estación reproductiva, las concentraciones de melatonina en plasma seminal eran más elevadas y que esto estaba directamente relacionado con una menor cantidad de marcadores apoptóticos y por lo tanto mayor viabilidad espermática. Por otra parte, fue estudiada la capacitación espermática y la implicación de la melatonina y sus receptores en la misma. Principalmente se atribuyó a la unión con el receptor MT2 cuando las concentraciones de la hormona eran elevadas y a la difusión a través de la membrana del espermatozoide cuando estas eran bajas. Además de esto, se observó que durante todo el año había ciertas concentraciones de melatonina en plasma seminal y que ciertas enzimas implicadas en su ruta de síntesis estaban presentes en testículos epidídimos y glándulas accesorias, por lo que se concluyó que existe síntesis extrapineal de melatonina en el aparato reproductor del morueco.

En el caso de las hembras, los tratamientos con implantes de melatonina permiten adelantar la época reproductiva al suplir la secreción de hormona endógena estimulada por la oscuridad que tendría lugar durante los días cortos. Por otra parte, también se le atribuye un incremento de la fertilidad en las ovejas tratadas y un intervalo hasta el parto desde las cubriciones más corto en las explotaciones donde se utiliza. Para comprobarlo, Mura et al. (2019) llevaron a cabo un estudio en hembras de raza Sarda sobre el efecto de los implantes de melatonina y su influencia en la respuesta al efecto macho. Se establecieron cuatro grupos de 100 animales cada uno. El grupo M recibió implante de melatonina, MR implante y efecto macho, C fue control (no se realizó nada) y CR solamente efecto macho. Posteriormente se evaluaron en dichas hembras la fertilidad, el intervalo de tiempo entre entrada de los machos y partos y prolificidad. Como vemos en la tabla 9, la fertilidad fue máxima en la combinación de melatonina y efecto macho, pero en el grupo de hembras solo tratadas con melatonina también fue superior al resto. La aplicación de implantes también produjo un acortamiento del periodo de partos. Sin embargo, la prolificidad no se vio afectada.

Groups	Total	Mated	Pregnant	Lambed	Empty	IRIL	Litter size
M	100	84 ^C	81 ^C	79 ^C	21	171.1 ± 8.2 ^b	1.22
MR	100	92 ^D	90 ^D	88 ^D	12	166.7 ± 5.6 ^a	1.18
C	100	62 ^A	59 ^A	56 ^A	44	178.8 ± 8.6 ^d	1.14
CR	100	71 ^B	69 ^B	65 ^B	35	174.4 ± 6.9 ^c	1.20

Tabla 9. Diferencias entre los grupos en: totales, montadas, preñadas, paridas, vacías, intervalo entre introducción del macho-parto y tamaño de camada. (Mura et al., 2019)

5.2.2 Progestágenos, prostaglandinas y gonadotropinas

La necesidad de concentrar los partos en diversas épocas del año por el precio del producto o por la abundancia de recursos generan la necesidad de sincronizar los ciclos sexuales de las hembras. Una de las vías más utilizadas para ello es la utilización de progestágenos. Se trata de análogos de la progesterona naturalmente sintetizada por el cuerpo lúteo durante la fase luteal. Su uso se fundamenta en que produce un feedback negativo en la secreción de LH y por lo tanto frena la ovulación, pero al retirarse se desencadena nuevamente el ciclo. Generalmente se utilizan dispositivos intravaginales como el CIDR (controlled internal drug release) o las esponjas (Abecia et al., 2012).

Los protocolos para el uso de progestágenos (tabla 8) establecen que la duración del freno hormonal debe mantenerse de 12 a 14 días hasta su retirada. Sin embargo, un estudio llevado a cabo por Pérez et al. (2021) compara la aplicación del tratamiento en ovejas Corriedale y Merino, se establecieron dos grupos en los cuales la duración de mantenimiento de las esponjas intravaginales es variable. En el primero se mantuvieron 12 días y en el segundo 14. Posteriormente se evaluaron comparativamente los parámetros reproductivos obtenidos al final de los partos y se concluyó que aquellas que mantuvieron las esponjas durante 14 días presentaron mayor porcentaje de salida a celo, lo que se tradujo en una tasa de preñez más elevada y por consiguiente en una mayor fertilidad. Además, con el tratamiento largo la salida a celo global de todas las hembras estuvo concentrada en un intervalo de tiempo más corto. Estos efectos pueden explicarse ya que la regresión natural del cuerpo lúteo en la hembra ovina ocurre de los 13 a los 15 días y retirar las esponjas a los 12 días puede ser precipitado al no haberse completado la luteólisis.

Otra de las hormonas utilizadas para la sincronización son las gonadotropinas. Normalmente, estas se integran en los protocolos de utilización de los progestágenos 24 horas tras la retirada de los dispositivos intravaginales. Son de especial utilidad en la sincronización previa a la inseminación artificial a tiempo fijo. El efecto que producen es la estimulación del crecimiento folicular, la maduración y la ovulación de ovocito. Aunque existen varias gonadotropinas, solamente la eCG (Gonadotropina coriónica equina) es ampliamente administrada para la sincronización de hembras en la especie ovina. Las dosis de eCG utilizadas parecen no tener relación con la salida a celo de las ovejas, pero, por el contrario, dosis elevadas producen un mayor crecimiento de los folículos e incrementan la fecundidad (Hameed et al., 2021).

Según Martínez-Ros et al. (2018), en su estudio con ovejas segureñas la combinación de la eCG con protocolos de administración de progestágenos intravaginales de larga o corta duración no produce un aumento en las salidas a celo. Por el contrario, la aparición del celo ocurre de forma más temprana si se combina, aplicando la gonadotropina al retirar los dispositivos intravaginales, al igual que lo hace la ovulación. Comparando las fertilidades obtenidas en todos los grupos con los que se realizó el experimento, los protocolos que mejor funcionan son los de 14 días combinados con la administración de eCG o los de 5 días sin eCG.

El control reproductivo y la sincronización también puede ser realizado mediante el uso de prostaglandinas, concretamente análogos de la PGF_{2 Δ} . Estas hormonas solo pueden utilizarse durante la estación reproductiva ya que actúan lisando el cuerpo lúteo y este se encuentra ausente durante el anestro estacional. Existen diversos protocolos que incluyen una o dos inyecciones de prostaglandina, aunque generalmente se usan dos separadas 10 días (figura 15), provoca la salida a celo en unas 48 horas. La utilización de una sola aplicación puede no ser efectiva debido a que durante los primeros 4 o 5 días después del estro el cuerpo lúteo de la hembra ovina es refractario a la acción luteolítica de la hormona.

Igualmente, la utilización de protocolos más cortos (7 días o menos) reportan por este mismo motivo menores salidas a celo y tasas de preñez más bajas. Si realizamos una comparación entre la sincronización con prostaglandinas y progestágenos durante la estación reproductiva, estos últimos presentan mejores resultados en fertilidad. También es frecuente la combinación de ambos en un mismo protocolo (Hameed et al., 2021). Cabe destacar que, en ocasiones, su uso desencadena bajas tasas de preñez debidos a ciertos efectos secundarios como alteraciones en el miometrio, en la secreción de moco vaginal, muerte espermática en el cérvix o alteraciones en la capacidad esteroidogénica (Haro, 2022).

Generalmente, en los protocolos de inseminación a tiempo fijo la sincronización de las hembras se lleva a cabo mediante progestágenos combinados con eCG. Esta gonadotropina tiene un problema, produce reacciones inmunitarias tras varias aplicaciones y por lo tanto su uso es limitado. Para sustituir este tratamiento de sincronización se desarrolló el Synchrovine®, que consiste en dos aplicaciones de prostaglandinas, concretamente cloprosteno, separadas 7 días. La fertilidad observada con este nuevo protocolo es algo menor que con el tradicional de progestágenos y gonadotropina, sin embargo, constituye una alternativa válida (Olivera-Muzante et al., 2011).

Del mismo modo, existen otros tratamientos de combinación de progestágenos con prostaglandinas. Estos consisten en la aplicación de análogos de la PGF2 Δ al colocar o más comúnmente al retirar el dispositivo intavaginal liberador de progestagénos. Se fundamenta en que la acción luteolítica de las prostaglandinas permite con total seguridad eliminar cualquier secreción de progesterona endógena en el momento de retirar la fuente de progesterona exógena, CIDR o esponja. La unión de ambos fármacos permite establecer protocolos de sincronización más cortos ya que garantiza la ausencia de cuerpo lúteo. La salida a celo se produce en las 36 o 48 horas posteriores a la administración de la prostaglandina (García, 2020).

5.1.3.3 Métodos alternativos a la monta natural

5.1.3.3.1 Inseminación Artificial

La inseminación artificial es una técnica para la mejora reproductiva que permite reducir el número de machos de la explotación y obtener mayor rendimiento de los mismos preparando dosis seminales. De igual forma, maximiza el progreso genético y previene enfermedades venéreas. Pese al extendido uso de la inseminación artificial en otras especies animales, la especie ovina presenta ciertas particularidades que hacen que el uso de esta técnica no sea mayoritario en las explotaciones de ovejas de carne. Los resultados de fertilidad que se obtienen con esta técnica son muy variables y generalmente bajos debido principalmente a la morfología del cérvix de la hembra, que dificulta que el semen congelado lo atraviese e impide el acceso al útero por vía vaginal. Además de esto, las características del eyaculado de los mardanos no permiten obtener muchas dosis por servicio (Álvarez et al., 2019).

Generalmente, en las explotaciones de ovino se realiza inseminación cervical superficial, es decir, la dosis seminal se deposita en la entrada del cérvix vía vaginal. Como se ha comentado anteriormente, el semen congelado tiene dificultades para pasar al útero y por ello, las fertilitades observadas, citadas en diferentes estudios recopilados en Álvarez et al. (2019), se encuentran por debajo del 30%. Debido a estos resultados, la inseminación cervical se realiza con semen fresco o refrigerado, de forma que está condicionada por el limitado tiempo de conservación de las dosis. De igual forma, la fertilidad que se observa en diversas razas ovinas españolas no supera el 65%. Existe otra vía de inseminación artificial en uso, aunque esta queda restringida a animales de alto valor genético o proyectos de investigación. Se trata de la vía laparoscópica, en ella se depositan las dosis directamente en el útero y por ello permite el uso de semen congelado incrementando notablemente la fertilidad. Del mismo modo, requiere material y personal especializado, no siendo rentable en la producción de ovino de carne. Actualmente, se encuentran en estudio diversos métodos para realizar inseminación transcervical, lo cual permitiría mejorar, con respecto a la cervical, la fertilidad y facilitar la llegada del esperma al útero, tal y como se observa en la tabla 10 (Masoudi et al., 2017).

AI	Vaginal	Laparoscopic	Trans-cervical
Pregnancy rate (%)	62 (31/50)	66 (33/50)	64 (32/50)
Parturition rate (%)	56 (28/50)	60 (30/50)	58 (29/50)
Lambing rate (%)	62 (31/50)	64 (32/50)	62 (31/50)
Twining rate (%)	10 (3/28)	6 (2/30)	6 (2/29)

Tabla 10. Efecto del tipo de inseminación artificial en los parámetros reproductivos en ovejas Zandi inseminadas con semen fresco. (Masoudi et al., 2017)

El grado de utilización de la inseminación transcervical se reduce todavía al ámbito experimental pero promete llegar a las explotaciones de ovino. La clave de su éxito reside en la profundidad de la deposición del semen, aumentando así la fertilidad de un 7% a un 12% por cada centímetro de penetración del catéter en el cérvix de la hembra. Debido a la difícil morfología cervical de la oveja, la mejor vía para acceder al cuello uterino es mediante dilatación hormonal con prostaglandina E2 de forma local. También se están desarrollando catéteres curvos que se adapten a la anatomía de la hembra, pero resulta complicado al existir tanta variabilidad individual en la forma del cérvix ovino (Álvarez et al., 2019).

Debido a las características anatómicas del cérvix de la oveja, parte del esperma depositado a la entrada del cuello uterino no consigue atravesarlo con éxito y se presenta reflujo. En el estudio llevado a cabo por Macías et al. (2020), pusieron a prueba un dispositivo anti-reflujo de inseminación ovina (DARIO) desarrollado por la empresa HUMECO, realizando inseminaciones a ovejas de raza aragonesa. Dicho dispositivo consiste en un semicírculo en el extremo de la cánula de inseminación cuya punta se introduce en el cérvix, consigue una penetración lo suficientemente profunda y posteriormente tapona el orificio cervical para evitar el reflujo. Durante el estudio se realizaron dos experimentos, en uno de ellos comparaban la fertilidad de las hembras que inseminaron con volumen constante y concentraciones de espermatozoides diferentes y en el siguiente, las concentraciones eran las mismas mientras que el volumen variaba. DARIO mostraba mejores resultados de fertilidad con las dosis espermáticas con mayor concentración y volumen y su uso no generaba diferencias significativas con dosis menos concentradas o con menor volumen.

Cabe destacar que en los resultados sobre los parámetros reproductivos de la IA no solo afecta el tipo de semen utilizado o la técnica de inseminación, sino que hay numerosos factores ambientales que pueden condicionar los resultados al igual que ocurriría con la monta natural. En un estudio realizado por Tejedor et al. (2016), se concluye que la efectividad de la IA es óptima entre los meses de julio y diciembre y en aquellas hembras de condición corporal idónea.

La utilización de la inseminación artificial sólo es compatible con la producción si una serie de factores se encuentran bajo control, estos son la nutrición y el correcto establecimiento de calendarios reproductivos y de tratamientos hormonales para la sincronización e inducción del celo y ovulación en las reproductoras. Teóricamente, la inseminación se debería realizar tras la detección del periodo de estro, pero dada la complejidad de realizarlo así en una explotación ganadera, se implantan protocolos donde se combina la aplicación de hormonas con la inseminación a tiempo fijo. Los tratamientos más utilizados para la sincronización de las reproductoras son progestágenos, generalmente mediante dispositivos intravaginales (esponjas o CIDR), en combinación con gonadotropinas (eCG) (Gibbons et al., 2019).

Otra de las aplicaciones de la IA es la utilización de semen sexado, aunque no está especialmente desarrollado en el sector ovino, puede ser de utilidad para la obtención de corderos de un sexo concreto. Es interesante en la producción de carne, pero también para obtener hembras de reposición de reproductoras excelentes (Evans et al., 2004).

5.1.3.3.2 Transferencia de embriones

Además de la inseminación artificial, existen otras alternativas a la monta natural como la transferencia de embriones. En el caso de los pequeños rumiantes, se restringe a situaciones excepcionales en el ámbito experimental o genético por la complejidad del procedimiento. La transferencia en ovino, como ocurre en otras especies, requiere de tratamientos hormonales en donantes (superovulación) y receptoras, pero además la recolección y transferencia precisa de técnicas complejas. Puede llevarse a cabo por cirugía (laparotomía) o laparoscopía, lo que supone aplicar anestesia general a las ovejas y posibles complicaciones post-quirúrgicas.

En un artículo publicado por Fonseca et al. (2016), evalúan una nueva técnica no quirúrgica como alternativa a las anteriores que consiste en el abordaje transcervical mediante dilatación con prostaglandinas del cuello uterino. En este caso, solamente se requiere una buena inmovilización física, sedación y un bloqueo epidural, disminuyendo los efectos adversos de la laparotomía y laparoscopia.

6. Conclusiones

- La aplicación de diversos métodos conduce a la mejora de los parámetros reproductivos en el sector ovino, lo que supone un aumento de la producción, un incremento de los beneficios económicos y una organización del trabajo óptima en las explotaciones.
- La correcta elección de los reproductores y la mejora genética llevada a cabo en las explotaciones permiten a largo plazo, facilitar la obtención de resultados ante la utilización de tratamientos hormonales o de manejo.
- Los métodos no hormonales ayudan a llevar a cabo programas de mejora reproductiva mediante el correcto manejo de los reproductores y su alimentación de forma sencilla y económica.
- La utilización de tratamientos hormonales ayuda a adaptar la estación reproductiva de la oveja según los requerimientos del ganadero. Mediante los métodos farmacológicos, es posible maximizar los parámetros reproductivos de la especie ovina.

Conclusions

- The application of several methods leads to the improvement of reproductive parameters in the meat sheep sector, which means a rise of production, an increment of economic benefits and an optimum work organization at farms
- The correct election of breeding animals and genetic improvement carried out at farms allow at a long term, an easier obtention of results due to the use of hormonal methods and animal management.
- Non hormonal methods help to carry out reproductive improvement programs through breeding animals management and nutrition in an easy and economic way.
- The use of hormonal treatments helps to adapt the reproductive season with the farmer requirements. These pharmacological methods make possible to maximize reproductive parameters of ovine species.

7. Valoración personal

La realización de este trabajo de fin de grado radica en mi interés por un sector repleto de dificultades por el bajo consumo de carne de cordero y por unos rendimientos productivos mediocres. Es un hecho que gran parte de las explotaciones de ovino subsisten gracias a la concesión de subvenciones y no por ser económicamente rentables. Además, este sector ganadero, ha estado y continúa estando muy ligado al medio rural, constituyendo una importante actividad para territorios cada vez más castigados por el éxodo que sufre la España vaciada. No obstante, el ovino de carne forma parte de un tipo de ganadería en su mayoría extensiva con numerosos beneficios ecológicos y de bienestar animal. Debido a la tendencia actual de un mercado que cada vez valora más estos aspectos, la producción de ovino puede ser una alternativa a otro tipo de producción cárnica. Por ello, la mejora de la rentabilidad en la producción de carne de cordero es un aspecto clave para el desarrollo del sector.

Elaborar esta revisión bibliográfica, me ha permitido conocer los numerosos métodos para incrementar los parámetros reproductivos en el ovino de carne, además de los requisitos necesarios para su aplicación. He podido informarme sobre la tendencia de la mejora reproductiva en la actualidad y los nuevos campos de investigación. Por todo ello, considero que el desarrollo de este trabajo enriquece notablemente mis conocimientos acerca del tema elegido y puede serme muy útil en mi futuro como veterinaria.

8. Bibliografía

Abecia, J. A., Araya, J., Chemineau, P., Palacios, C., Keller, M. y Delgadillo, J. A. (2018). Photoperiod-melatonin-induced, sexually-activated rams increase pregnancy rate and number of lambs per ewe in a ram effect. *Large Animal Review*, 24(1), pp. 31-35. DOI: 5a9937810f7e9ba4297801b3

Abecia, A. y Forcada, F. (2010). *Manejo reproductivo en ganado ovino*. Zaragoza. ed. Servet.

Abecia, J. A., Forcada, F. y González-Bulnes, A. (2011). Pharmaceutical control of reproduction in sheep and goats. *The Veterinary clinics of North America. Food animal practice*, 27(1), pp. 67–79 .DOI: 10.1016/j.cvfa.2010.10.001

Abecia, J. A., Forcada, F. y González-Bulnes, A. (2012). Hormonal control of reproduction in small ruminants. *Animal reproduction science*, 130 (3-4), pp. 173-179. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2012.01.011

Abecia, J.A, Laviña, A., Macías, A. y Martín, E. (2021). “Efecto de la presencia de machos antes y después de la inseminación artificial sobre los resultados reproductivos en ovejas de raza aragonesa.” *FEAGAS*, 43, pp. 116-117.

Aguilar, M. J. y Alvarez, R. H. (2011). Producción ovina: Revisión de hembras. *Producción animal*, 13, pp. 51-54.

Alabart, J. L., Lahoz, B., Calvo, J. H., Jurado, J. J., Fantova, E., Grupo Pastores y Folch, J. (2016). Estudios realizados y situación actual de la variante génica prolífica ROA (FecXR) de la raza ovina Rasa Aragonesa. *Archivos de zootecnia*, 65(251), pp.449-452.

Álvarez, M., Anel-Lopez, L., Boixo, J. C., Chamorro, C., Neila-Montero, M., Montes-Garrido, R., de Paz, P. y Anel, L. (2019). Current challenges in sheep artificial insemination: A particular insight. *Reproduction in domestic animals*, 54 (4), pp. 32–40. DOI: 10.1111/rda.13523

Álvarez, E., García, J.A. y Herrmann, F. (2014). *Tasa ovulatoria de ovejas ideal, con diferentes tratamientos alimenticios previo al servicio (flushing corto)*. Tesis. Universidad de la República.

Baila, C. (2017). *Estudio de la eficiencia productiva de los distintos sistemas reproductivos ovinos en ganaderías pertenecientes a ANGRA*. Trabajo de Fin de grado. Universidad de Zaragoza.

Cadena, S., Arévalo, M. y Gallegos, J. (2018). Sincronización del estro en ovejas con PGF2α y bioestimuladas con “efecto macho”. *Abanico Veterinario*, 8(3), pp. 94-105. DOI: 10.21929/abavet2018.83.7

Caldas, E. L. C., Freitas Neto, L. M., Almeida-Irmão, J. M., Ferreira-Silva, J. C., Silva, P. G. C., Veloso Neto, H. F., Neves, J. P., Moura, M. T., Lima, P. F. y Oliveira, M. A. L. (2015). The influence of separation distance during the preconditioning period of the male effect approach on reproductive performance in sheep. *Veterinary Science Development*, 5(1). DOI: 10.4081/vsd.2015.5515

Chanvallon, A., Scaramuzzi, R. J. y Fabre-Nys, C. (2010). Early sexual experience and stressful conditions affect the response of young ewes to the male. *Physiology & behavior*, 99(4), pp. 457–465. DOI: 10.1016/j.physbeh.2009.12.014

CITA-Gobierno de Aragón, Lahoz, B., Jurado, J., Jiménez, M. A., Martínez-Royo, A. y Calvo, J. (2014). Aumento de la eficiencia por mejora genética. Zaragoza, CITA.

Condori, R. y Kantuta, E. (2021). Evaluación de la calidad espermática de semen fresco en carneros Targhee y Correidale. *Aphapi*, 7(2), pp. 2190-2192.

Delgadillo, J. A.; Vielma, J.; Flores, J. A.; Véliz, F. G.; Duarte, G. y Hernández, H. (2008). La calidad del estímulo emitido por el macho determina la respuesta de las cabras sometidas al efecto macho. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 9(1), pp. 39-45. DOI: 939/93911227004.

Díez, B., Ruiz, R., Villalba, D. y Beltrán de Heredia, I. (2009). Meta-análisis sobre el efecto de la condición corporal y el flushing en la fertilidad y prolificidad de varias razas ovinas en diferentes épocas de cubrición. *XIII Jornadas sobre Producción Animal*. Zaragoza, 12 y 13 de mayo, AIDA. Tomo II, pp. 672-674.

Dkhili, N. (2013). *El aumento de la prolificidad en el ganado ovino: Efectos económicos en las explotaciones y fisiológico-nutritivos en corderas de raza Ripollesa*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.

Evans, G., Hollinshead, F. K. y Maxwell, W. M. (2004). Preservation and artificial insemination of sexed semen in sheep. *Reproduction, fertility, and development*, 16(4), pp. 455–464. DOI: 10.10371/RD04032

Fabre-Nys, C., Chanvallon, A., Dupont, J., Lardic, L., Lomet, D. y Martinet, S. (2016). The “Ram Effect”: A “Non-Classical” Mechanism for Inducing LH Surges in Sheep. *PLOS ONE*, 11(7): e0158530. DOI:10.1371/journal.pone.0158530

Folch, J. (2000). Manejo del morueco. *XXV Jornadas Científicas SEOC, Producción ovina y caprina*. Teruel, 18-20 septiembre. pp. 61-64.

Fonseca, J. F., Souza-Fabjan, J. M., Oliveira, M. E., Leite, C. R., Nascimento-Penido, P. M., Brandão, F. Z. y Lehloenya, K. C. (2016). Nonsurgical embryo recovery and transfer in sheep and goats. *Theriogenology*, 86(1), pp. 144–151. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2016.04.025

Frade, J., Olazábal, J. y Risso, R. (2015). *Efecto de la resistencia parasitaria sobre la reproducción ovina*. Tesis doctoral. Universidad de la República (Uruguay).

Gallegos, J. (2018). “EFFECTO MACHO” en el manejo reproductivo de la oveja. *Agro Productividad*, 6(6).

García Cruz, I. (2020). Sincronización de estros en ovejas Multíparas con CIDR y Diferentes Dosis de Prostaglandina. Tesis Doctoral. Instituto Tecnológico de Huejutla.

García, W., Tabarez, A., Marin, S., Osuagwuh, U. y Palomo, M. J. (2015). Efecto de la edad del donante y de la aplicación de implantes de melatonina en la crioconservación espermática ovina. *AIDA, XVI Jornadas sobre Producción Animal*. Zaragoza, 19 y 20 de Mayo de 2015. Tomo II, pp.423-425.

Gibbons, A. E., Fernandez, J., Bruno-Galarraga, M. M., Spinelli, M. V. y Cueto, M. I. (2019). Technical recommendations for artificial insemination in sheep. *Anim Reprod.* 16(4), pp. 803-809. DOI: 10.21451/1984-3143-AR2018-0129

González, M. (2017). *Influencia de la melatonina en la funcionalidad espermática y en el aparato reproductor masculino*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza.

Hameed, N., Khan, M. I.-R., Zubair, M. y Andrabi, S. M. H. (2021). Approaches of estrous synchronization in sheep: developments during the last two decades: a review. *Tropical Animal Health and Production*, 53(5). DOI: 10.1007/s11250-021-02932-8

Haro, J. R. (2022). Respuesta reproductiva a la inyección de prostaglandinas F2a en ovejas con amamantamiento prolongado. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California.

Hernández, J.A. y García, I., (2020). *Efecto del Flushing en Ovejas Multíparas Durante el Postparto*. Tesis. Instituto Tecnológico de Huejutla.

Laviña, A., López, M., Monteagudo, L. V., Tejedor, M. T., Macías, Á. y Martín, E. (2019). The experience of the ANGRA farmers in prolificacy improvement by the BMP15 ovine mutation FecXR in Rasa Aragonesa. *Options Méditerranéennes. Série A, Séminaires Méditerranéens*, 123, pp.363-366.

Macías, A., Martín, E., Laviña, A., Ferrer, L. M., Lidón, I., Rebollar, R. y Tejedor, M. T. (2020). Cervical artificial insemination in sheep: sperm volume and concentration using an antiretrograde flow device. *Animal reproduction science*, 221. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2020.106551

Martín, S., Mantecón, Á. R., y Lavín, P. (2009). "Manejo reproductivo y gestión técnico-económica". *Mundo ganadero*, 221, pp 56-60.

Martín, S., Palacín, I. y Mantecón, Á. R. (2010). Comparación productiva entre sistemas con tres y cinco cubriciones/parideras anuales en una explotación de ovejas lecheras de raza Lacaune (2002-2009). *XXXV congreso de la SEO*. Valladolid, 22-24 de Septiembre de 2010. pp. 141-145.

Martinez-Ros, P., Rios-Abellán, A. y González-Bulnes, A. (2018). Influence of Progesterone-Treatment Length and eCG Administration on Appearance of Estrus Behavior, Ovulatory Success and Fertility in Sheep. *Animals: an open access journal from MDPI*, 9(1), pp. 9. DOI: 10.3390/ani9010009

Masoudi, R., Zare Shahneh, A., Towhidi, A., Kohram, H., Akbarisharif, A. y Sharafi, M. (2017). Fertility response of artificial insemination methods in sheep with fresh and frozen-thawed semen. *Cryobiology*, 74, pp. 77–80. DOI: 10.1016/j.cryobiol.2016.11.012

Meilán, J. (2014). *Efecto macho, sincronización de celo y luteólisis en ovejas*. Tesis. Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Veterinaria.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. (1982). Programa de reproducción para el ganado ovino de carne. Madrid: MAPAMA

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2021). Disponible en <https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/razas-ganaderas/razas/catalogo-razas/ovino/salziframe-ejemplo-arca.aspx> [Consultado el 17 de julio 2022].

Mohajer, M., Alimon, A. R., Nassaji, A. N., Toghdory, A. y Kamali, R. Effects of late flushing and ewe breed on lamb mortality at birth. (2013). *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 4(1), pp. 231-233.

Mueller, J. (2008). Programas de mejoramiento genético de pequeños rumiantes. *CD: III Seminario Sobre Mejoramiento Genético Ovino: Desafíos, Oportunidades y Perspectivas*, pp.23-25.

Mura, M.C.; Luridiana, S.; Pulinas, L.; Bizzarri, D.; Cossio, G.; Carcangiu, V. (2019). Melatonin treatment and male replacement every week on the reproductive performance in Sarda sheep breed. *Theriogenology*, 135, pp. 80–84. DOI:10.1016/j.theriogenology.2019.06.008

Olivera-Muzante, J., Fierro, S., López, V. y Gil, J. (2011). Comparison of prostaglandin- and progesterone-based protocols for timed artificial insemination in sheep. *Theriogenology*, 75(7), pp. 1232–1238. DOI:10.1016/j.theriogenology.2010.11.036

Pabón, H.Y. y Pulido, M.O. (2021). Circunferencia escrotal como criterio de selección para carneros de reemplazo. *Pensamiento y Acción*, 31, pp. 52-73.

Pérez, R., López, C., López, M.B. y López, A. (2021). La duración del tratamiento con esponjas intravaginales impregnadas con progestágeno influye en la eficiencia reproductiva de ovejas Corriedale y Merino. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 29(1), pp. 29-36.

Pontes González, J. M., Pontes García, J. M., García, M. F., Palacín, I., Forcada, F., Casas, J. P., Martino, A. y Abecia, J. A. (2007). Repercusiones de los ritmos reproductivos en un rebaño extensivo de raza manchega de carne. *IV Jornadas Ibéricas de Razas Autóctonas y sus Productos Tradicionales: Innovación, Seguridad y Cultura Alimentarias*. (2007), pp. 49-54.

Rivas, J., Barba, C., Toro P., Rouco, A., Meza, C., Rangel, J. y García, A. (2015). USO DE TECNOLOGÍAS REPRODUCTIVAS Y GENÉTICAS EN EL SISTEMA. In *Book of Proceedings III International Congress of Science, Technology, Innovation and Entrepreneurship*. pp. 135-143.

Romero, O. y Bravo, S. (2012). *Fundamentos de la producción ovina en la Región de La Araucanía*. Carrillanca (Chile). Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro de Investigación INIA.

Rosa, H. J. D. y Bryant, M. J. (2002). The 'ram effect' as a way of modifying the reproductive activity in the ewe. *Small ruminant research*, 45(1), pp. 1-16. DOI: 10.1016/S0921-4488(02)00107-4

Sakly, C., Rekik, M., Fabre, C. y Scaramuzzi, R. J. (2013). Sexual behaviour of Ile-de-France rams receiving a short term flushing with lupins. *Options Méditerranéennes. Série A, Séminaires Méditerranéens*, (107), pp.115-119.

Sánchez, F. (2007). *Evaluación productiva-reproductiva y determinación del efecto macho, en diferentes épocas del año en ovejas de pelo Saint Croix*. Tesis. Universidad Autónoma de Nuevo León.

Sánchez, A., Avilés, S., Rueda, J. M., Arrebol, F.A., Querino, S., Borjas, F., Castillejo, E. y Abecia, J.A. (2020). Evaluación reproductiva de carneros en rebaños ovinos. *Ganadería*, 126, pp. 32-35.

Shad, F .I., Tufanil, N. A., Ganie, A.M. y Ahmed, H. A. (2011). Flushing in Ewes for Higher Fecundity and Fertility. *Livestock international*, 15 (2), pp. 10-14.

Sierra, A. (1989). *The Salz sheep breed. Development and performance*. Zaragoza: IberCaja.

Silva, M. (2012). *Uso de la combinación de melatonina y prostaglandinas para la sincronización del estro en ovejas de raza "rasa aragonesa"*. Trabajo de fin de máster. Universidad de Zaragoza.

Tabera, R. (2018). Proyecto de mejora de explotación de ovino de carne en el TM de Castrejón de Trabancos (Valladolid). Trabajo de fin de grado. Universidad de Valladolid.

Tejedor, M.T., Monteagudo, L. V., Laviña, A. y Macías, A. (2016). Factores ambientales que influyen en el éxito de la inseminación artificial en la raza ovina Rasa Aragonesa. *Archivo de Zootecnia*, 65 (251), pp. 321-325.

Turkyilmaz, D. y Esenbuga, N. (2019). Increasing the productivity of Morkaraman sheep through crossbreeding with prolific Romanov sheep under semi-intensive production systems. *South African Journal of Animal Science*, 49(1), pp. 185-191. DOI: 10.4314/sajas.v49i1.21.

Valencia, J., Porras, A., Mejía, O., Berruecos, J. M., Trujillo, J. y Zarco, L. (2006). "Actividad reproductiva de la oveja pelibuey durante la época del anestro: Influencia de la presencia del macho." *Revista Científica*, vol. XVI, 2, abril, pp. 136-141.

Vicente, J. A. (2020). *Implementación de un sistema de información para optimizar el proceso de mejoramiento genético de ovinos en la Comunidad Campesina de Yurajhuanca, Pasco-Perú*. Tesis doctoral. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

Yıldırır, M., Çakır, D. U. y Yurtman, I. Y. (2022). Effects of restricted nutrition and flushing on reproductive performance and metabolic profiles in sheep. *Livestock Science*, 259, pp. 104870.

Zegarra, R. (2020). *Aplicación del flushing en ovejas pre y post servicio*. Trabajo de fin de grado. Universidad Científica del Sur.